

**Committente:
COMUNE DI PETRIANO
PROVINCIA DI PESARO-URBINO(PU)**

**VARIANTE AL P.R.G. DA ZONA VERDE ATTREZZATO A ZONA
DESTINATA AD ATTREZZATURE PUBBLICHE E COMUNI AREA
APC, IN LOCALITA' PETRIANO.**

**RELAZIONE GEOLOGICA
FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA
COMPATIBILITA' IDRAULICA**

Sommario

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | PREMESSA..... | 2 |
| 1.1 | NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO | 3 |
| 2 | UBICAZIONE..... | 4 |
| 2.1 | P.R.G..... | 5 |
| 2.2 | P.A.I..... | 6 |
| 3 | DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO..... | 7 |
| 3.1 | ZONIZZAZIONE SISMICA NAZIONALE E REGIONALE..... | 7 |
| 3.2 | MICROZONAZIONE SISMICA - PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO..... | 11 |
| 4 | NOTE DI MORFOLOGIA, IDROGRAFIA, IDROGEOLOGIA..... | 13 |
| 5 | NOTE DI GEOLOGIA..... | 15 |
| 5.1 | INQUADRAMENTO GEOLOGICO..... | 15 |
| 5.2 | LITOSTRATIGRAFIA..... | 15 |
| 6 | CARATTERIZZAZIONE e MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA..... | 18 |
| 6.1 | INDAGINI GEOGNOSTICHE..... | 18 |
| 6.2 | ANALISI DI LABORATORIO | 21 |
| 6.3 | STRATIGRAFIA | 23 |
| 6.4 | CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI..... | 24 |
| 6.5 | INDAGINE SISMICA | 27 |
| 7 | POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE..... | 29 |
| 8 | STABILITÀ DEL VERSANTE..... | 31 |
| 8.1 | CENNI DI TEORIA..... | 31 |
| 8.2 | PARAMETRI GEOTECNICI, MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL TERRENO..... | 37 |
| 8.3 | ANALISI DEI RISULTATI..... | 39 |
| 9 | FATTIBILITÀ GEOMORFOLOGICA (ART. 89) | 40 |
| 10 | COMPATIBILITÀ IDRAULICA | 41 |
| 11 | CONCLUSIONI..... | 43 |

**Committente:
COMUNE DI PETRIANO
PROVINCIA DI PESARO-URBINO(PU)**

VARIANTE AL P.R.G. DA ZONA VERDE ATTREZZATO A ZONA DESTINATA AD ATTREZZATURE PUBBLICHE E COMUNI AREA APC, IN LOCALITA' PETRIANO.

**RELAZIONE GEOLOGICA
FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA
COMPATIBILITA' IDRAULICA**

1 PREMESSA

Su incarico e per conto del Comune di Petriano, si esegue la presente relazione geologica nell'attuale zona destinata a “**verde pubblico attrezzato**” ricadente all'interno della “**Zona di espansione residenziale C2**” destinata ad “**attrezzature pubbliche e comuni**” al fine di attribuire una potenzialità edificatoria per poi realizzare la scuola dell'infanzia.

Lo studio si è avvalso di:

- un rilievo geologico e geomorfologico di campagna;
- n.1 sondaggio a rotazione e carotaggio continuo;
- n.3 penetrometrie statiche CPT;

- n.1 stendimento sismico MASW;
- analisi di laboratorio sui terreni.

Tutti i dati di cui sopra saranno utilizzati per:

- definire l'inquadramento geologico;
- la ricostruzione stratigrafica dei terreni superficiali;
- definire le caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti;
- determinare la categoria del suolo di fondazione;
- verificare la stabilità dell'area d'intervento;
- verificare la compatibilità tecnica PAI.

A fine relazione si allega la planimetria con l'ubicazione delle indagini realizzate, i grafici penetrometrici, la colonna stratigrafica ed i tabulati della prova sismica.

1.1 NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

D.M. 17.01.2018

Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni.»

D.C.R. n.116, 21.01.04

«Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI)» successivi aggiornamenti e varianti.

2 UBICAZIONE

L'area in oggetto ricade nel Foglio 109 "Quadrante 109 II" della carta I.G.M. scala 1:25.000 mentre in relazione alla Carta Tecnica Regionale redatta in scala 1: 10.000 è posta all'interno Foglio 280 Sezione 280010 (vedi cartografia allegata).

Ci troviamo nel Capoluogo, tra via Leonardo da Vinci e la strada comunale di San Gianni, in corrispondenza del campo sportivo di Petriano (Figura 1 tratta dal portale), dove una parte del "Verde Pubblico Attrezzato" sarà oggetto di variante e destinata alla realizzazione della scuola per l'infanzia.



Figura 1

L'area oggetto di studio riguarda la parte Nord dell'attuale campo sportivo (Figura 2), individuata catastalmente al Foglio 8 mappali 83-253/parte-598-600-602-509/parte-597/parte-601/parte.



Figura 2

2.1 P.R.G.

Il Piano Regolatore vigente del Comune di Petriano individua l'area all'interno di "Zona di espansione residenziale C2" e destinata a verde pubblico attrezzato.

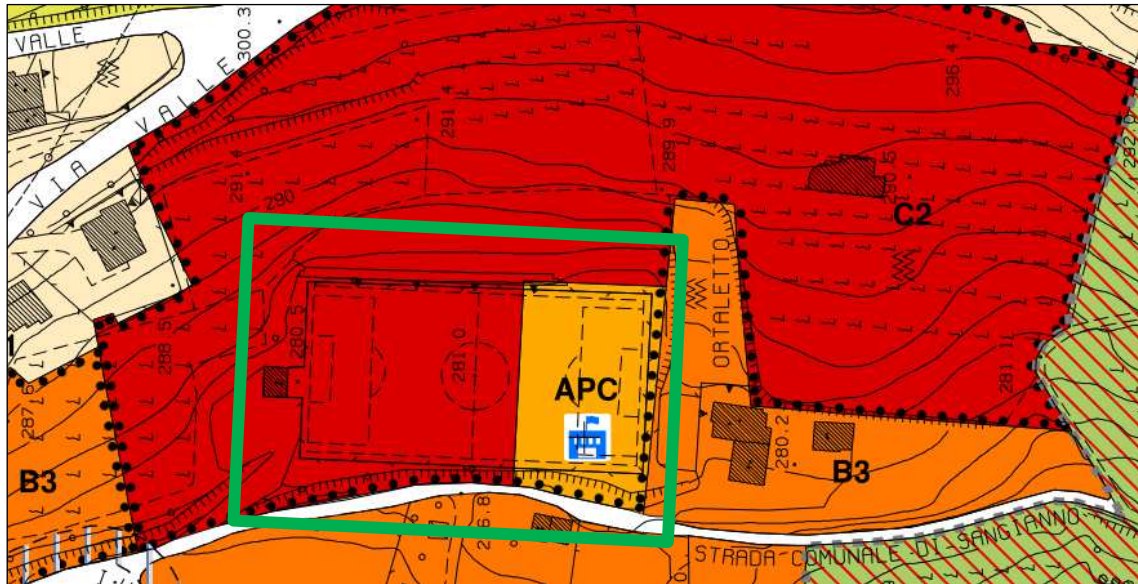



















Figura 3

Zone residenziali

| | |
|---|--|
|  | Zona A - Centri e manufatti storici |
|  | Zona B1 - Zone di completamento residenziale |
|  | Zona B2 - Zone di completamento residenziale |
|  | Zona B3 - Zone di completamento residenziale |
|  | Zona B3a - Zone di completamento residenziale |
|  | Zona B4 - Zone di completamento residenziale |
|  | Zona B5 - Zone di completamento residenziale a conservazione volumetrica |
|  | Zona RU1, RU2, RU3 - Zone di ristrutturazione urbanistica |
|  | Zona C1, C1a, C2, C3, C4, C5, C5a, C6 - Zone di espansione residenziale |
|  | Parco P - Parco privato |

Zone di uso pubblico e generale

| | |
|---|---|
|  | Verde PA - Verde pubblico attrezzato |
|  | Parco F - Parco fluviale di recupero ambientale |
|  | Parco VA - Parco pubblico di valore ambientale |
|  | Parco SA - Parco storico ambientale |
|  | Area APC - Aree per attrezzature pubbliche e comuni |
|  | Parcheggi |
|  | Viabilità di progetto |

2.2 P.A.I.

In base alla cartografia (aggiornata alla variante 2016, in realtà ad oggi decaduta) allegata al Piano per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Marche (Figura 4), l'area oggetto d'intervento non ricade in zone sottoposte a vincoli di natura idrogeologica.

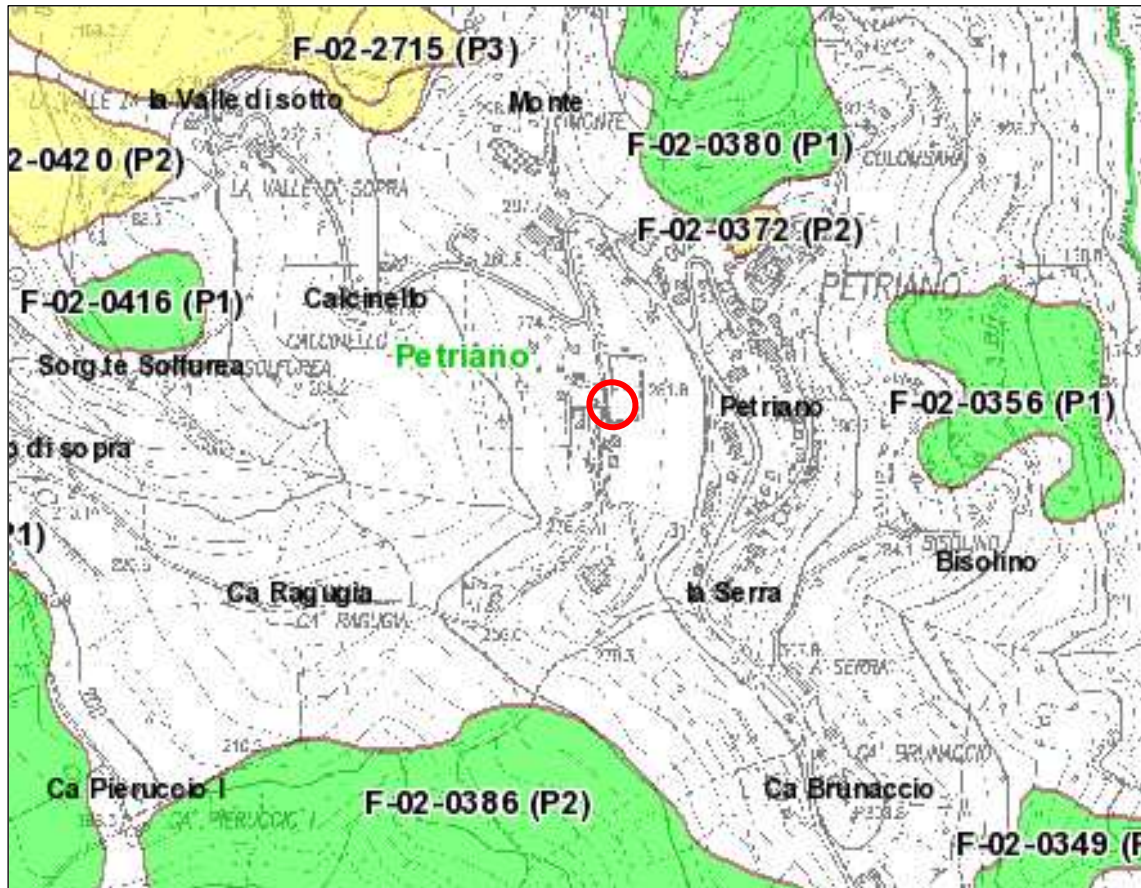


Figura 4

3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

3.1 ZONIZZAZIONE SISMICA NAZIONALE E REGIONALE

In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20.3.2003, n. 3274, in cui si manifestava l'esigenza di una mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche sul territorio nazionale ed al suo recepimento anche da parte delle Regioni e delle Province autonome Figura 5, è stato redatto a cura dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) un documento denominato “*Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici*”, che rappresenta il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica su tutto il territorio nazionale (Figura 6).



Figura 5

Classificazione sismica al 2015.

Recepimento da parte delle Regioni e delle Province Autonome dell'Ordinanza PCM 20 Marzo 2003, n. 3274

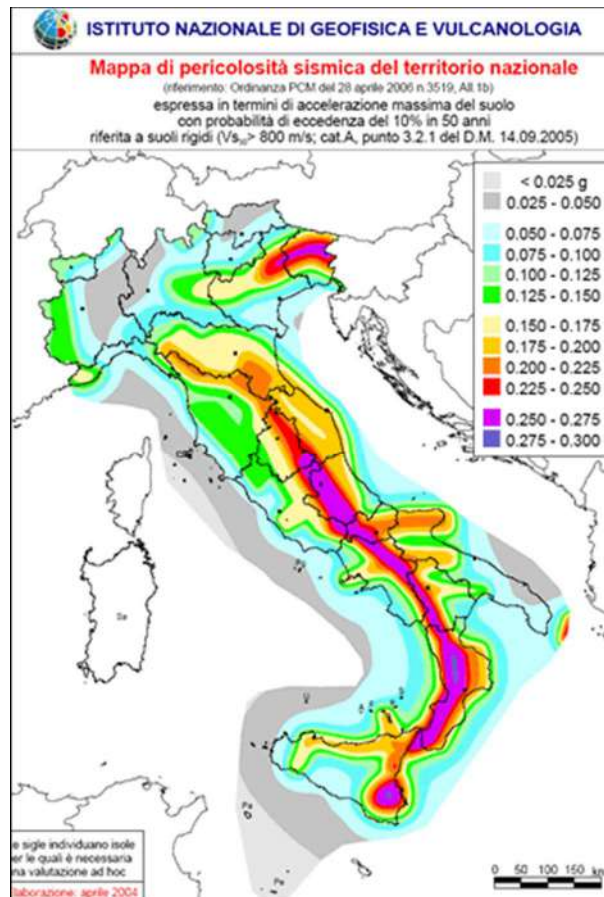


Figura 6

Carta di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV, 2004)

La zonizzazione sismogenetica denominata ZS9 che divide tutto il territorio italiano in 36 zone è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici (cenozoici e quaternari) coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Essa, pur basandosi ampiamente sull'impianto generale e sul background informativo della precedente zonazione ZS4 (Scandone & Stucchi, 1996), rappresenta un suo sostanziale ripensamento, alla luce delle evidenze di tettonica attiva, delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite nei primi anni del decennio (con i fondamentali contributi del Database of Individual Seismogenic Sources -DISS-, che, combinando dati geologici, storici e strumentali, censisce le sorgenti in grado di produrre terremoti di magnitudo 5.5 e superiore) e del Catalogo parametrico dei terremoti italiani (all'epoca della redazione della mappa CPTI2, ora arrivato alla versione CPTI15).

Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata, ha permesso di costruire la Carta delle Zone Sismogenetiche del territorio nazionale (Figura 7).

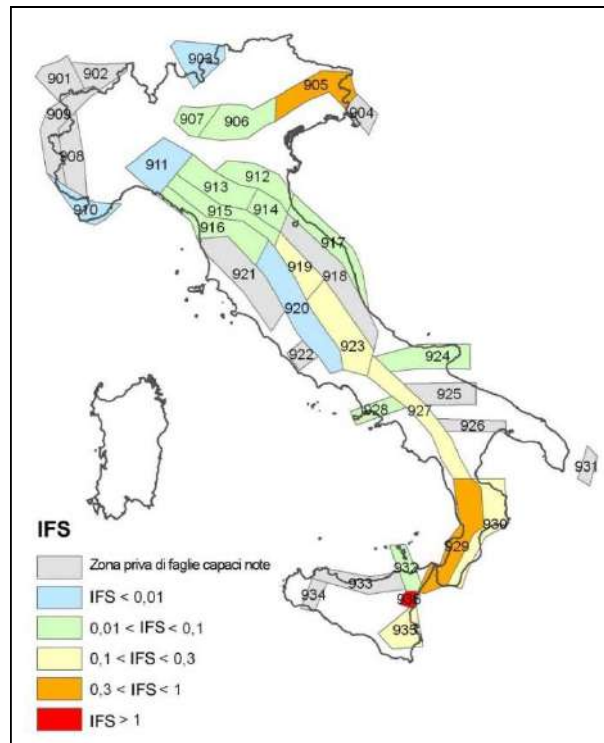


Figura 7

Zonizzazione sismogenetica ZS9
(IFS = Indice di Fagliazione Superficiale);(INGV, 2004)

Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo.

Sulla base di queste zone sismogenetiche e delle loro caratteristiche, per tutto il territorio italiano è stata sviluppata la già citata Carta della pericolosità sismica. Per ogni comune italiano, è stata fatta una stima del rischio sismico che tiene conto dell'intera storia sismica riportata nel catalogo sismico nazionale e che viene espresso in termini probabilistici. La pericolosità sismica di riferimento ipotizza un substrato omogeneo in roccia ed è espressa in PGA (Peak Ground Acceleration) con associato un periodo di ritorno di 475 anni, valore convenzionale in quanto rappresenta l'accelerazione

associata alla probabilità del 90% di non superamento considerando un periodo di ritorno di 50 anni.

Il territorio italiano è stato suddiviso in quattro zone (o categorie) contraddistinte da differenti valori di PGA (Tabella 1).

| Zona | Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni |
|------|---|
| 1 | >0.25 |
| 2 | 0.15-0.25 |
| 3 | 0.05-0.15 |
| 4 | <0.05 |

Tabella 1

Valori di PGA per le varie zone

Di seguito si riporta la zonizzazione relativa al territorio regionale, da cui si può notare che al territorio comunale di Petriano è attualmente attribuito un valore di PGA compreso tra 0.175 g e 0.20 g (Figura 8 e Figura 9).

Il territorio studiato, in base a quanto sopra, rientra all'interno della Zona 2 definita a sismicità media. Si ricorda che tali valori d'accelerazione sono relativi al bedrock sismico, cioè a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi, alla cui interfaccia superiore si presume l'input sismico arrivi non alterato.

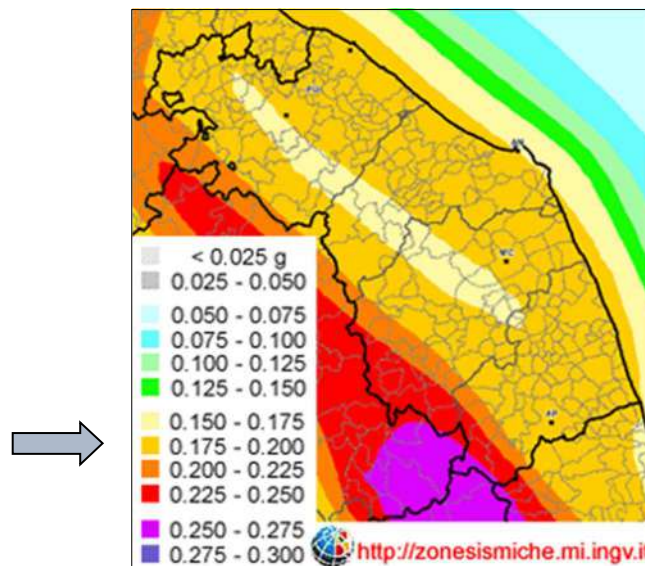


Figura 8

Carta di pericolosità sismica del territorio regionale espressa in accelerazione orizzontale di picco PGA

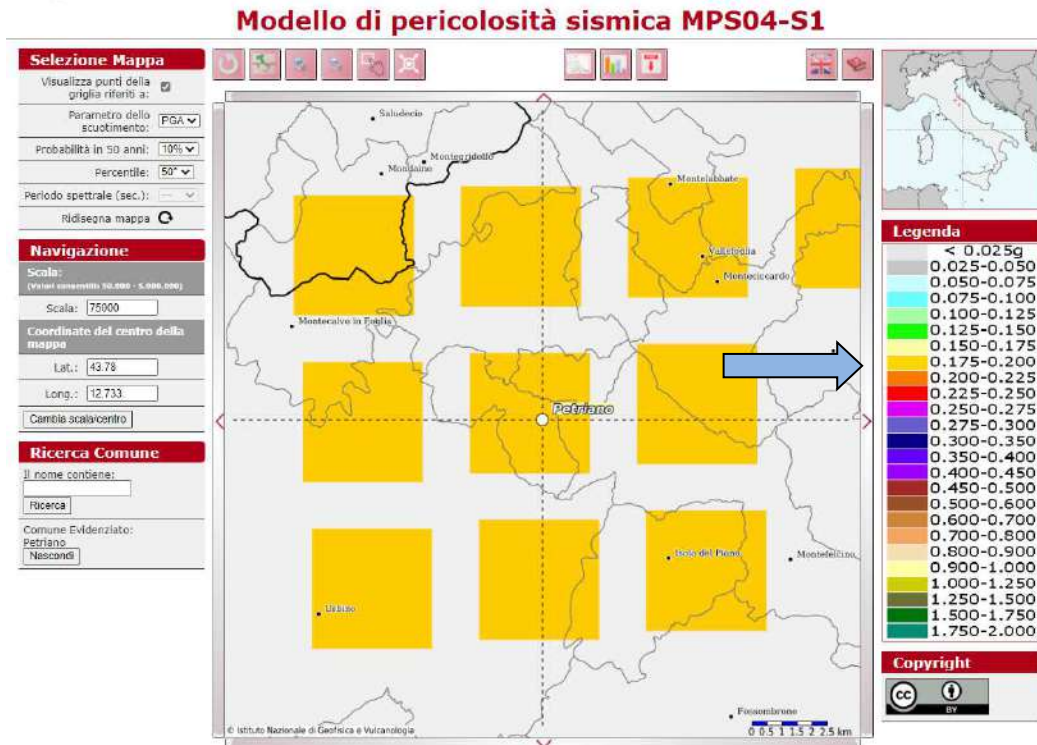


Figura 9

Particolare della Mappa relativa ai valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, all.1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; Cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2003).

3.2 MICROZONAZIONE SISMICA - PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

La zona d'intervento ricadendo all'interno del centro abitato è stata sede di approfondimento tramite gli studi di microzonazione sismica.

In base alla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)¹ di cui se ne riporta uno stralcio in Figura 10, l'area ricade all'interno della zona 2006 classificata come "zona suscettibile di amplificazione locale".

Tale zona è caratterizzata dalla presenza di spessori variabili (4 ÷ 8 m) di sedimenti eluviali fini a cui seguono spessori di alterazione dei litotipi formazionali (1 ÷ 10 m),

¹ DL n.19 del 28.04.09 (convertito, con modificazioni, nella Legge 77 del 24.06.09) e attraverso l'OPCM 3907/10, (recepita a livello regionale dal DGR n.967/11).

per un totale di circa 10 ÷ 15 m di sedimenti aventi velocità delle onde S decisamente inferiori rispetto a quelle del sottostante substrato integro.

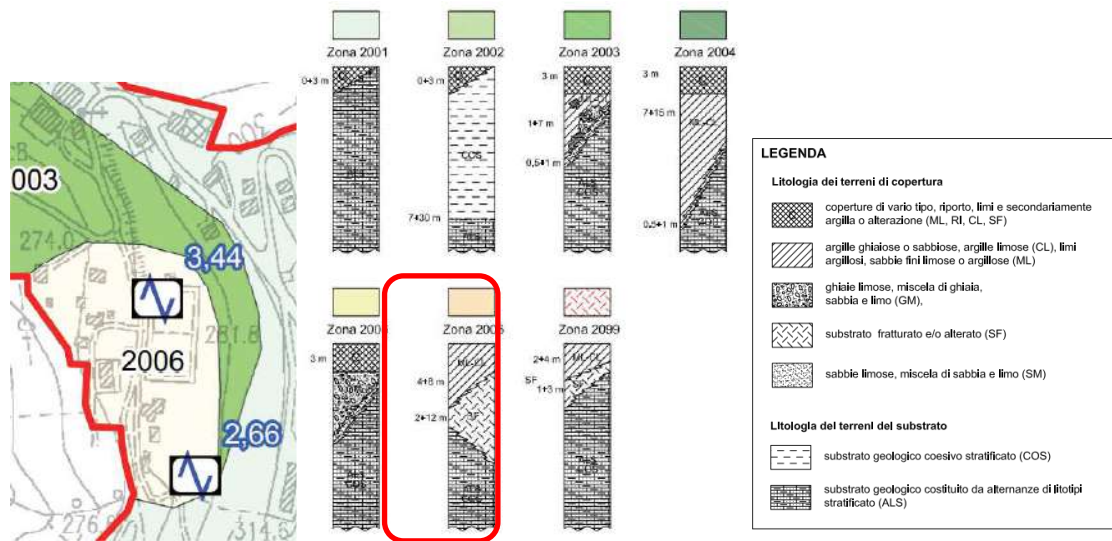


Figura 10

4 NOTE DI MORFOLOGIA, IDROGRAFIA, IDROGEOLOGIA

Ci troviamo sulla parte alta del versante collinare che espone ad Ovest, in un impluvio che prende forma sotto via Marconi, circa 40 metri a valle dello spartiacque morfologico che coincide per buona parte con via Vittorio Veneto.

L'area oggetto di variante riguarda la parte Est del campo sportivo e si estende verso valle fino ad arrivare alla strada comunale di San Gianni. Il campo, posto alla quota di circa 281.8 metri sul lm.m. ha ovviamente una morfologicamente pianeggiante e si raccorda con la strada sottostante con una piccola scarpata.

A monte dell'area di variante inizia a salire il versante lungo il quale sono stati riscontrati piccoli gradoni, probabilmente risalenti alla realizzazione del campo; su uno di questi gradoni è stato individuato un vecchio fosso di guardia (Foto 1 e Foto 2).

La porzione di pendio a ridosso dell'area di variante, con una pendenza di circa 12°/15°, si presenta stabile e non manifesta alcun indizio di instabilità in atto.



Foto 1

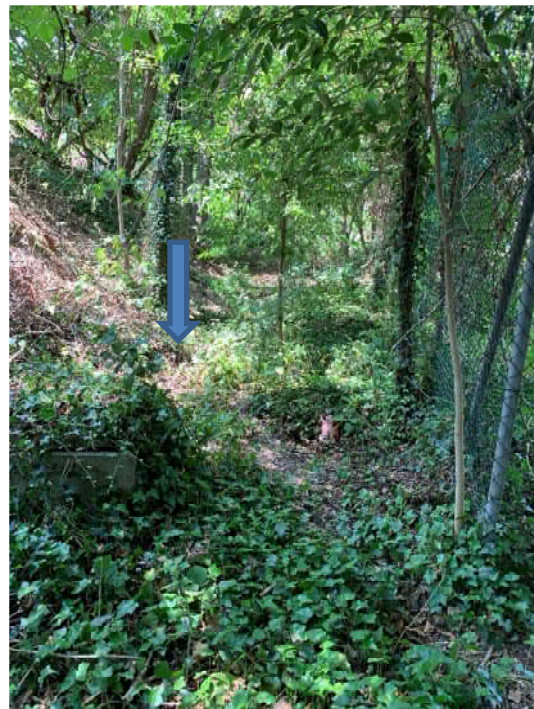


Foto 2

Sulla parte sinistra il piede del versante, rimanendo sempre in corrispondenza dell'area di variante, è contenuto da una vecchia gabbionata per un fronte di almeno 12 metri (Foto 3).

Per ricostruire la geometria della gabbionata esistente è stato eseguito uno scavo con benna, da cui è emerso che il piano di posa coincide con quello del campo da calcio e non risulta ben immersata. La gabbionata è costituita da blocchi forati.



Foto 3

Spostandoci in direzione del centro del campo di calcio il resto della gabbionata esistente presenta delle criticità con disallineamenti e parziali sprofondamenti.

L'area di variante non è solcata da fossi naturali e/o artificiali.

Un vecchio fosso di guardia è stato rilevato a monte (Foto 1 e Foto 2), il quale poi confluisce nella tubazione che passa vicino la rete del campo (Est), raggiunge la sede stradale e la percorre fino ad arrivare all'altezza del fosso naturale sotto la strada comunale San Gianni e prosegue in direzione della sorgente solfurea fino ad immettersi nel torrente Apsa. (carta idrografica riportata in allegato).

Sulla base dei rilievi di campagna nei primi 8-10 metri circa di profondità non si rilevano falde acquifere ed in relazione alla natura prevalentemente marnosa, marnoso-argillosa del substrato, si possono talora rinvenire livelli idrici o falde acquifere in corrispondenza degli strati/banchi arenacei che si intercalano alle marne bituminose.

5 NOTE DI GEOLOGIA

5.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Le formazioni geologiche che rappresentano il sub-strato dell'area in studio appartengono alla successione sedimentaria Umbro - Marchigiana - Romagnola depositatasi durante un intervallo di oltre 130 milioni di anni a partire dal Giurassico.

In linea generale i terreni presenti all'interno del territorio comunale di Petriano possono essere suddividersi principalmente nelle seguenti categorie:

- terreni continentali di copertura, costituiti da depositi continentali quaternari;
- substrato geologico marino, rappresentato da formazioni rocciose in situ.

Il substrato geologico, formatosi in ambiente di deposizione marino, è costituito dalle unità comprese fra la formazione del Bisciario e la formazione a Colombacci.

In base ai rilievi diretti di campagna ed alla cartografia ufficiale (Carta Geologica Regionale CTR Sezione 280010 Petriano, redatta in scala 1: 20.000 di cui se ne riporta uno stralcio in (Figura 11), i terreni affioranti in corrispondenza dell'area in studio risultano appartenenti alla Formazione delle Marne Tripolacee (TPE) compresa tra gli eventi paleoceanografici definiti "crisi di salinità del Messiniano", è posta generalmente alla base del gruppo della "Formazione gessoso solfifera".

La formazione delle TPE risulta, a sud-ovest, in contatto stratigrafico con la formazione di Sapigno (SPA) e la formazione a Colombacci (FCO).

5.2 LITOSTRATIGRAFIA

La formazione delle TPE (Messiniano inferiore), che costituisce il sub-strato dell'area d'intervento, è costituita da alternanze di strati siltoso - arenacei e argillosi (peliti grigie finemente stratificate passanti localmente a bituminose), in rapporto variabile fra loro. La parte basale, generalmente caratterizzata da una sequenza torbidityca con banchi arenacei spessi alcuni metri, in questa area è interrotta da un'alternanze di peliti euxiniche scure, laminate, contenenti livelli lignitiferi, resti di pesci e vegetali e di subordinati livelli arenacei ocra, per poi riprendere con le litologie arenacee prevalenti (alcuni strati arenacei sono caratterizzati dalla presenza di livelli lignitiferi con frammenti di dimensioni decimetriche, intercalati a peliti talvolta euxiniche). Frequenti sono i

fenomeni gravitativi (slumps) intraformazionali di spessore da decimetrico a metrico. In questa zona è in parziale eteropia con la Formazione marnoso – arenacea.

Come riportato nella (Figura 11) a sud-ovest dell'area d'intervento è riportata una lineazione tettonica che si sviluppa in direzione appenninica rappresentato da un sovrascorrimento incerto e sepolto.

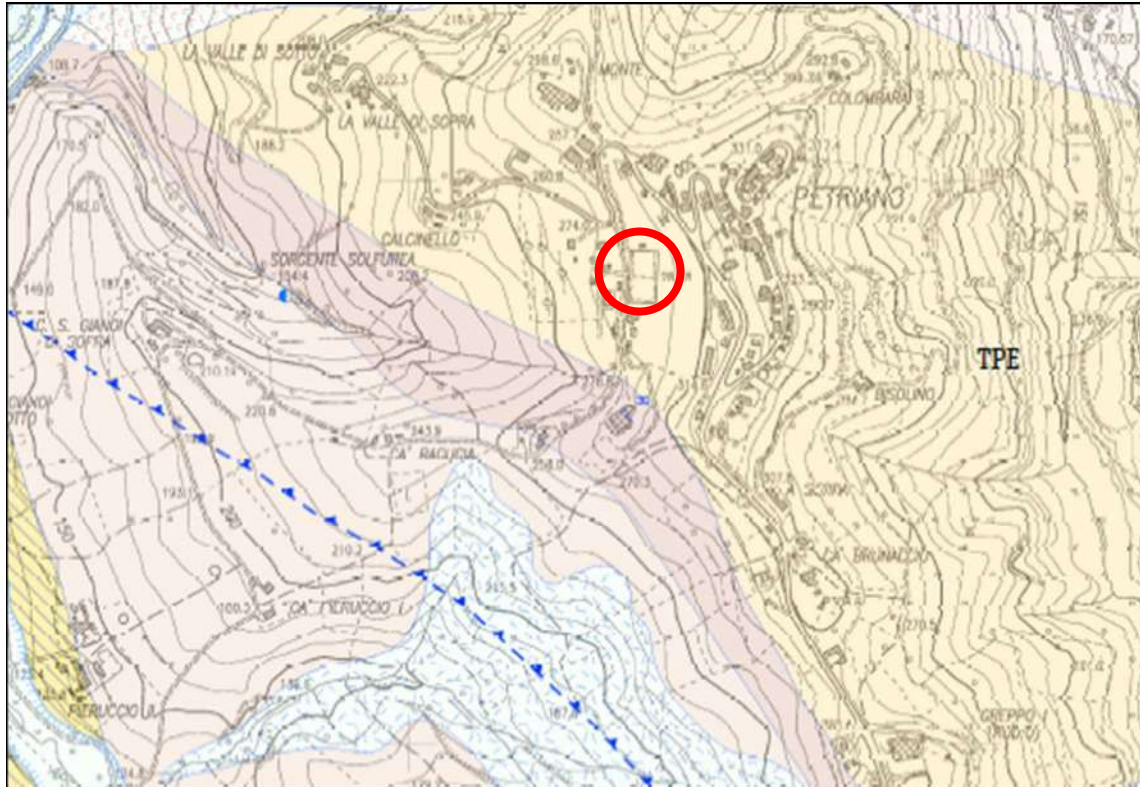


Figura 11

LEGENDA GEOLOGICA

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

SINTEMA DEL MUSONE

(OLOCENE)



MUSb2 Deposito eluvio colluviale

SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLA

SUCCESSIONE MIOCENICA

| | | |
|---|------|--|
|  | FCO | FORMAZIONE A COLOMBACCI Messiniano superiore |
|  | GNO | FORMAZIONE DI SAPIGNO Messiniano superiore |
|  | TPE | TRIPOLI E MARNE TRIPOLACEE Messiniano inferiore |
|  | FAM2 | FORMAZIONE MARNOSO-ARENACEA MARCHIGIANA Membro di Urbino Messiniano inferiore p.p. |
|  | | Sovrascorrimento incerto o sepolto |

6 CARATTERIZZAZIONE e MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Per la ricostruzione stratigrafica e geotecnica e geofisica del sito e dei terreni di fondazione, ci si avvale di della campagna geognostica consistente in:

- n.3 prove penetrometriche statiche CPT, di cui una nel pianoro del campo sportivo e le altre due lungo la scarpata di monte;
- n.1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo diametro 101 mm. ubicato nel pianoro del campo di calcio;
- analisi di laboratorio;
- n.1 prova sismica di superficie MASW.

6.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Il sondaggio meccanico è stato eseguito con il metodo della rotazione e carotaggio continuo con carotiere semplice del diametro pari a 101 mm. In fase esecutiva è stato prelevato un campione di terra indisturbato, successivamente sottoposto a prove di laboratorio geomeccanico per determinare: caratteristiche volumetriche, granulometria, limiti di Atterberg e prova di taglio consolidata drenata CD.

Le carote estratte dal carotiere sono state riposte in apposite cassette catalogatrici contenenti ciascuna 5 m totali di materiale estratto.

Sulle porzioni maggiormente rappresentative di terreno coesivo estratto, sono state condotte prove speditive in situ mediante l'utilizzo di strumentazione tascabile, quale un Pocket Penetrometer, per definirne la resistenza a compressione

All'interno del foro di sondaggio S.1 è stato alloggiato, un tubo piezometrico aperto al fine di rilevare ed eventualmente monitorare la profondità del livello statico della falda acquifera.

Le prove penetrometriche statiche CPT, sono state eseguite con attrezzo tipo Pagani, in cui le aste sono infisse nel terreno utilizzando una velocità di avanzamento costante. In tal modo si rileva la resistenza offerta dai terreni stessi al passaggio della punta conica, valore espresso in kg/cm^2 .

Tutte le prove CPT sono state spinte ad una profondità massima di 10.0 metri dal piano campagna ed interrotte solo dopo aver rilevato una resistenza alla punta di almeno 250 Kg/cmq.

6.1.1 DESCRIZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI

Il sondaggio a carotaggio continuo ha fornito la seguente stratigrafia:

SONDAGGIO S1

| | | | | |
|-----|----------|---|----------|---|
| dal | p.c. | a | -1.4 m | argilla limosa di colore nocciola con piccoli frammenti di laterizio; |
| da | -1.4 m | a | -5.0 m | argilla limosa, limo argilloso sabbioso a media consistenza, di colore nocciola (coltre eluvio-colluviale); |
| da | -5.0 m | a | -6.0 m | limo argilloso sabbioso a media consistenza, di colore nocciola con calcinelli (coltre eluvio-colluviale); |
| da | -6.0 m | a | -10.50 m | argilla, argilla marnosa consistente di colore nocciola e grigio (Formazione alterata); |
| da | -10.50 m | a | -14.5 m | argilla marnosa, marna argillosa consistente/compatta, di colore grigio (Formazione). |

Il piezometro installato nel foro del sondaggio S.1 ha permesso di rilevare la presenza di acqua alla profondità di -9.9 metri dal piano campagna (9/08/2021).

Le penetrometrie hanno permesso di schematizzare le seguenti stratigrafie:

CPT.1 (Foto 4)

| | | | | |
|-----|---------|---|---------|---|
| dal | p.c. | a | -1.0 m | terreno agrario e di alterazione; |
| da | -1.0 m | a | -3.40 m | limo argilloso sabbioso consistente (coltre eluvio-colluviale); |
| da | -3.40 m | a | -5.80 m | argilla, argilla marnosa consistente (Formazione alterata) |

[77 Kg/cmq. ≤ Rp ≤ 182 Kg/cmq.];

da -5.80 m a -7.40 m argilla marnosa, marna argillosa consistente/compatta (Formazione).
[116 Kg/cmq. ≤ Rp ≤ 401 Kg/cmq.]

CPT.2 (Foto 5)

dal p.c. a -1.40 m terreno agrario e di alterazione;

da -1.40 m a -3.00 m limo argilloso sabbioso consistente (coltre eluvio-colluviale);

da -3.00 m a -7.80 m argilla, argilla marnosa consistente (Formazione alterata)
[52 Kg/cmq. ≤ Rp ≤ 154 Kg/cmq.];

da -7.80 m a -9.00 m argilla marnosa, marna argillosa consistente/compatta (Formazione).
[230 Kg/cmq. ≤ Rp ≤ 398 Kg/cmq.]

CPT.3 (Foto 6)

dal p.c. a -1.40 m terreno agrario e di alterazione;

da -1.40 m a -5.20 m limo argilloso sabbioso media consistenza (coltre eluvio-colluviale);

da -5.20 m a -8.40 m argilla, argilla marnosa consistente (Formazione alterata)
[93 Kg/cmq. ≤ Rp ≤ 170 Kg/cmq.];

da -8.40 m a -10.00 m argilla marnosa, marna argillosa consistente/compatta (Formazione).
[158 Kg/cmq. ≤ Rp ≤ 347 Kg/cmq.]



Foto 4



Foto 5



Foto 6

6.2 ANALISI DI LABORATORIO

Come riportato precedentemente, durante l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo è stato prelevato un campione di terreno superficiale indisturbato tramite campionatori a pareti sottili tipo "Shelby".

La fustella è stata sigillata con paraffina in modo tale da preservare i terreni ivi contenuti da eventuali agenti esogeni che ne avrebbero potuto modificare le caratteristiche fisiche e meccaniche, quali struttura, contenuto d'acqua e consistenza.

Il campione è stato sottoposto alle seguenti prove di laboratorio:

- *Caratteristiche volumetriche;*
- *Limiti di Atterberg;*
- *Prova Taglio.*

I risultati sono riportati nell'allegato "prove di laboratorio" riportato a fine relazione mentre a seguire se ne riporta un riassunto schematico.

CAMPIONE S1-C1

E' stato prelevato tra le profondità di 3.0 e 3.5 m (rispetto l'attuale piano campagna)

Litologia:

Il campione è costituito da limo con argilla sabbioso (AGI)

Caratteristiche volumetriche:

| | |
|----------------------|----------------------------------|
| Umidità naturale | $W_n = 23.40\%$ |
| Peso di volume umido | $\gamma = 2.03 \text{ g/cm}^3$ |
| Peso di volume secco | $\gamma_d = 1.65 \text{ g/cm}^3$ |

Granulometria:

| | |
|---------|----------------|
| sabbia | $S = 14.80 \%$ |
| limo | $L = 53.90 \%$ |
| argilla | $A = 31.30 \%$ |

Limiti di Atterberg:

| | |
|-----------------------|-----------------|
| Limite di liquidità | $W_l = 43.5 \%$ |
| Limite di plasticità | $W_p = 25.6 \%$ |
| Indice di plasticità | $I_p = 17.9$ |
| Indice di Consistenza | $I_c = 1.12$ |

Prova di Taglio diretto CD:

| | |
|-------------------|-------------------------|
| angolo d'attrito | $\varphi' = 18,5^\circ$ |
| coesione efficace | $C' = 43,3 \text{ kPa}$ |

Utilizzando la carta di plasticità di Casagrande che correla limite di liquidità e indice plastico, il campione analizzato ricade in corrispondenza della "LINEA A" che separa

le Argille inorganiche di media plasticità (CL) dai limi inorganici di media compressibilità e limi organici (ML/OL)

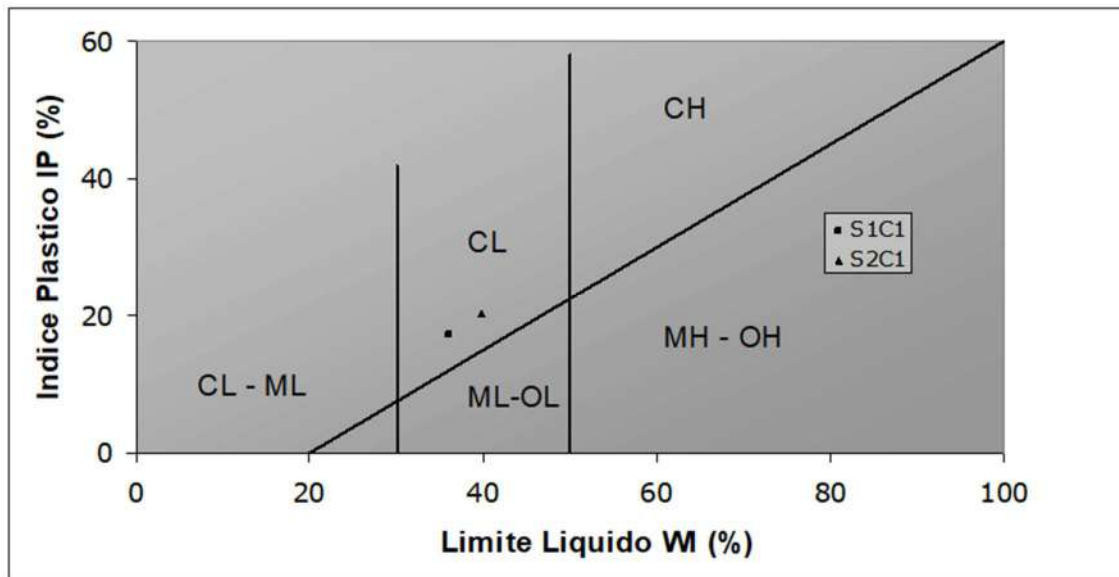


Grafico 1 - Carta di Plasticità di Casagrande

6.3 STRATIGRAFIA

Presa come riferimento la cartografia di base CTR scala 1.200 è stata ricostruita una sezione litostratigrafica disposta lungo la direzione di massima pendenza, correlando le due prove CPT.1/2 ubicate sul pendio e la prova CPT.3 ed il sondaggio S1 ubicati sul campo di calcio.

Dall'elaborazione di tali dati è stato possibile suddividere il terreno in esame in quattro strati.

Il primo strato, partendo dal piano campagna, riguarda il terreno agrario e l'alterato dello spessore dell'ordine del metro circa.

Segue lo strato eluvio-colluviale con spessori di circa 3,0 metri sul pendio (CPT.1/2) che aumentano fino a circa 5/6 metri nel tratto pianeggiante (CPT.3-S.1).

Le resistenze alla punta R_p di tale strato sono sempre superiori ai 20 kg/cm². A tale litotipo si può quindi attribuire generalmente una media consistenza anche se sono stati rilevati livelli/strati con valori decisamente più consistenti in particolar modo in corrispondenza delle penetrometrie ubicate lungo il pendio.

Quindi si rinviene la formazione alterata da circa -3.0 metri fino a circa -6/-8 metri in corrispondenza del pendio (CPT.1-CPT.2) e da circa -5/-6 metri fino a circa -8/-10 metri nel tratto pianeggiante del campo (S1-CPT.3).

Tale strato presenta dei valori di R_p variabili da 50 a 180 Kg/cmq.

Quindi la formazione consistente/compatta stratificata con valori massimi, rilevati con le CPT, variabili da 347 a 401 Kg/cmq e con valori al pocket penetrometer rilevati sulle carote più rappresentative pari a 6/7/8 Kg/cmq.

6.4 CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI

Sulla base dell'elaborazione di tutti i dati di cui sopra e della bibliografia specifica, i terreni investigati possono essere schematicamente suddivisi in quattro litotipi principali a cui, cautelativamente, si attribuiscono i seguenti parametri geomeccanici:

Per stimare la resistenza al taglio non drenata valore tipico dei terreni coesivi ovvero quelli costituiti da un'alta percentuale di argilla e limo sono state analizzati i dati ricavati dalle prove penetrometriche CPT. A tale fine è stata utilizzata la seguente correlazione empirica che lega in modo direttamente proporzionale la resistenza alla punta (R_p) alla resistenza al taglio non drenata (C_u):

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_k}$$

dove:

- q_c = resistenza alla punta misurata con la prova penetrometrica statica;
- σ_{vo} = tensione verticale totale, valutata alla quota a cui viene misurata la resistenza alla punta;
- N_k = fattore empirico che varia in funzione della storia del deposito. In argille tenere Lunne et. al.(1976) e Baligh et. al.(1980), suggeriscono un valore medio pari a 14; in argille sovraconsolidate intatte, Kjekstad et. al.(1978) indicano un valore medio pari a 17.

L'andamento della resistenza al taglio non drenata è riportata nel Grafico 3 in cui si nota che la coesione non drenata ha valori racchiusi in un intervallo relativamente ampio e compreso tra 100 e 600 kN/m².

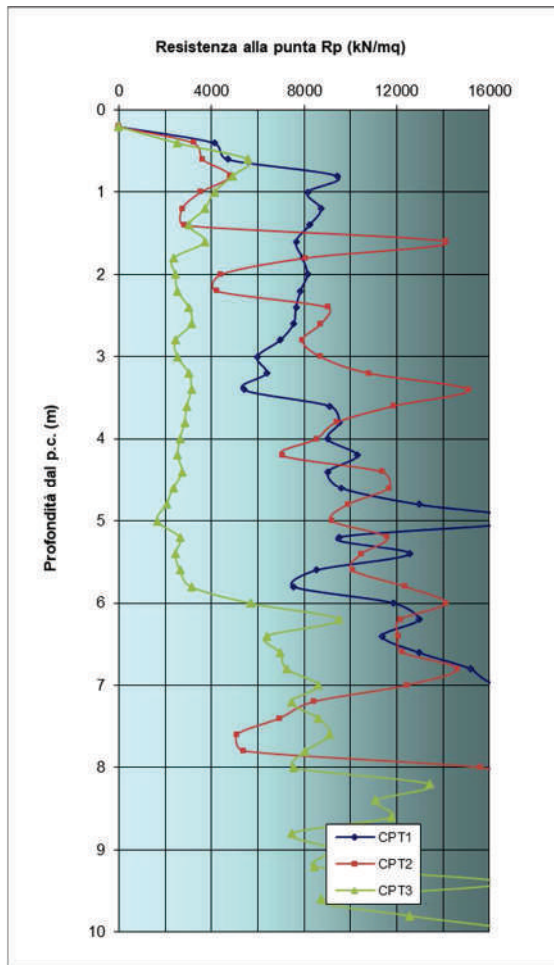


Grafico 2

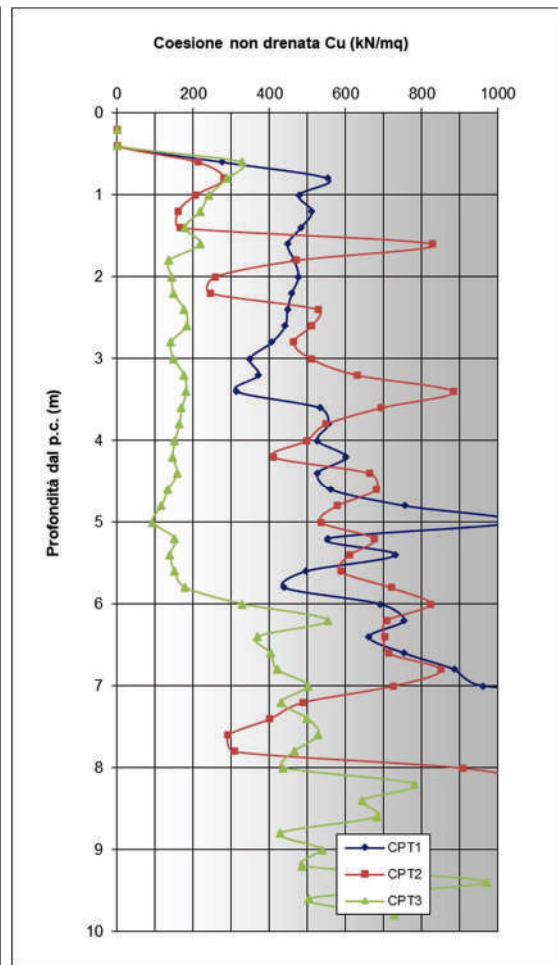


Grafico 3

6.4.1 AREA PIANEGGIANTE (S1-CPT3)

Litotipo "a" dal p.c.a. a $\div 1.4 m$

È caratterizzato da terreno agrario e di alterazione, costituito litologicamente da limi-argillosi e argilla-limosa.

| Parametro | Simbolo | u.m. | Valore Minimo | Valore Massimo | Valore Caratteristico |
|--------------------------------|----------|-------------------|---------------|----------------|-----------------------|
| Peso di Unità di Volume | γ | kN/m ³ | 18 | 19 | 18 |
| Angolo di resistenza al taglio | ϕ' | gradi | 17 | 19 | 18 |
| Coesione | c' | kN/m ² | 2 | 7 | 2 |

Litotipo "b" da 1.0 $\div 1.4 m$ a 5.2 $\div 6.0 m$

Terreni di natura eluvio-colluviale, costituiti litologicamente da limo argilloso sabbioso media consistenza.

| Parametro | Simbolo | u.m. | Valore Minimo | Valore Massimo | Valore Caratteristico |
|-------------------------|----------|-------------------|---------------|----------------|-----------------------|
| Peso di Unità di Volume | γ | kN/m ³ | 19 | 20 | 20 |

| | | | | | |
|--------------------------------|---------|-------------------|----|----|----|
| Angolo di resistenza al taglio | ϕ' | gradi | 18 | 23 | 20 |
| Coesione | c' | kN/m ² | 30 | 43 | 30 |

Litotipo "c" da 5.2 ÷ 6.0 m a 8.40 ÷ 10.5 m

Appartiene alla formazione consistente alterata, costituita da argilla, argilla marnosa.

| Parametro | Simbolo | u.m. | Valore Minimo | Valore Massimo | Valore Caratteristico |
|--------------------------------|----------|-------------------|---------------|----------------|-----------------------|
| Peso di Unità di Volume | γ | kN/m ³ | 21 | 22 | 21 |
| Angolo di resistenza al taglio | ϕ' | gradi | 24 | 27 | 25 |
| Coesione non drenata | C_u | kN/m ² | 150 | 250 | 150 |
| Coesione | c' | kN/m ² | 35 | 45 | 35 |

Litotipo "d" da 8.4 ÷ 10.5 m a ÷ 15.0 m

Appartiene alla formazione consistente/compatta, costituita da argille marnose, marne argillose.

| Parametro | Simbolo | u.m. | Valore Minimo | Valore Massimo | Valore Caratteristico |
|--------------------------------|----------|-------------------|---------------|----------------|-----------------------|
| Peso di Unità di Volume | γ | kN/m ³ | 21 | 22 | 21 |
| Angolo di resistenza al taglio | ϕ' | gradi | 24 | 27 | 25 |
| Coesione non drenata | C_u | kN/m ² | 250 | 300 | 250 |
| Coesione | c' | kN/m ² | 40 | 50 | 40 |

6.4.2 PENDIO (CPT1-CPT2)

Litotipo "a" dal p.c.a. a 1.0 ÷ 1.4 m

È caratterizzato da terreno agrario e di alterazione, costituito litologicamente da limi-argillosi e argilla-limosa.

| Parametro | Simbolo | u.m. | Valore Minimo | Valore Massimo | Valore Caratteristico |
|--------------------------------|----------|-------------------|---------------|----------------|-----------------------|
| Peso di Unità di Volume | γ | kN/m ³ | 18 | 19 | 18 |
| Angolo di resistenza al taglio | ϕ' | gradi | 17 | 19 | 18 |
| Coesione | c' | kN/m ² | 2 | 7 | 2 |

Litotipo "b" da 1.0 ÷ 1.4 m a 3.0 ÷ 3.4 m

È caratterizzato da terreni di natura eluvio-colluviale, costituiti litologicamente da limo argilloso sabbioso media consistenza.

| Parametro | Simbolo | u.m. | Valore Minimo | Valore Massimo | Valore Caratteristico |
|--------------------------------|----------|-------------------|---------------|----------------|-----------------------|
| Peso di Unità di Volume | γ | kN/m ³ | 19 | 20 | 20 |
| Angolo di resistenza al taglio | ϕ' | gradi | 18 | 23 | 20 |
| Coesione | c' | kN/m ² | 30 | 43 | 30 |

Litotipo "c" da 3.0 ÷ 3.4 m a 5.8 ÷ 7.8 m

Appartiene alla formazione consistente alterata, costituita da argilla, argilla marnosa.

| Parametro | Simbolo | u.m. | Valore Minimo | Valore Massimo | Valore Caratteristico |
|--------------------------------|----------|-------------------|---------------|----------------|-----------------------|
| Peso di Unità di Volume | γ | kN/m ³ | 21 | 22 | 21 |
| Angolo di resistenza al taglio | ϕ' | gradi | 24 | 27 | 25 |
| Coazione non drenata | C_u | kN/m ² | 150 | 250 | 150 |
| Coazione | c' | kN/m ² | 35 | 45 | 35 |

Litotipo "d" da 5.8 ÷ 7.8 m a ÷ 15.0 m

Appartiene alla formazione consistente/compatta, costituita da argille marnose, marne argillose.

| Parametro | Simbolo | u.m. | Valore Minimo | Valore Massimo | Valore Caratteristico |
|--------------------------------|----------|-------------------|---------------|----------------|-----------------------|
| Peso di Unità di Volume | γ | kN/m ³ | 21 | 22 | 21 |
| Angolo di resistenza al taglio | ϕ' | gradi | 24 | 27 | 25 |
| Coazione non drenata | C_u | kN/m ² | 250 | 300 | 250 |
| Coazione | c' | kN/m ² | 40 | 50 | 40 |

6.5 INDAGINE SISMICA

6.5.1 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per individuare la categoria del suolo di fondazione è stato preso in esame un profilo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) eseguito in corrispondenza dell'area di intervento.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali in corrispondenza dei geofoni posti lungo lo stendimento.

Nel caso specifico essendo la stratigrafia caratterizzata da un graduale aumento delle V_s con la profondità e non emergono condizioni per le quali si possano verificare contrasti d'impedenza ed inversioni di velocità per la determinazione dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{seq}), si ritiene applicabile la procedura semplificata.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del DM 17/01/2018, la determinazione dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S'eq}$ è calcolata applicando la seguente espressione:

$$V_{S'eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

- h_i = spessore dell'*i*-esimo strato (m);
- $V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato (m/s);
- N = numero di strati;
- H = profondità del sub-strato sismico (m), definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per i depositi con profondità H del sub strato sismico maggiore 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S'eq}$ è definita dal parametro $V_{S'30}$ ottenuto ponendo $H=30$ m.

Nel caso in esame non è stato raggiunto il sub-strato sismico entro la profondità di 30 m di conseguenza il valore $V_{S'30}$ referito al piano campagna attuale risulta pari a:

$$V_{S'30} = 387 \text{ m/sec.}$$

Il valore di cui sopra identifica la categoria di terreni in: **CATEGORIA B**, ovvero “*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)*”.

L'elaborato numerico della prova sismica riferito al piano campagna viene riportata a fine relazione in allegato.

7 POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

L'analisi sul rischio di liquefazione viene condotta sulla base di quanto riportato nel paragrafo 7.11.3.4.2 del DM 17/1/2018.

La norma specifica che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

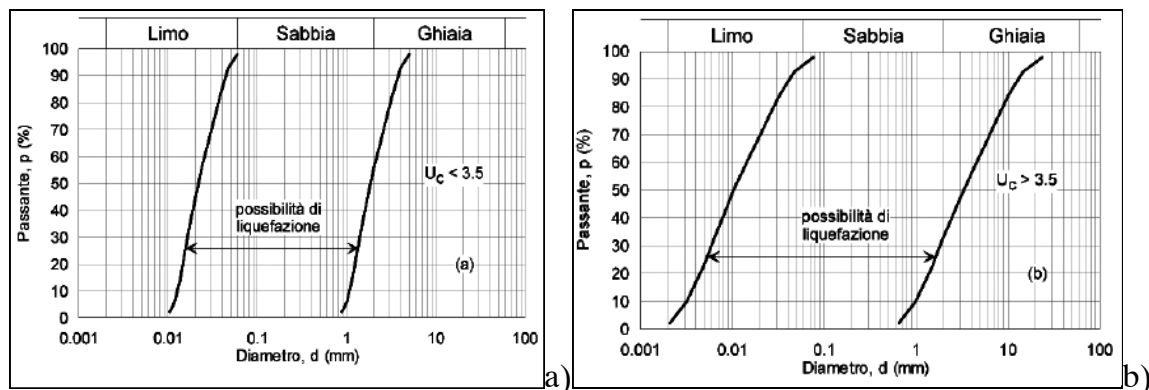


Figura 12:

da Fig. 7.11.1 DM 17/1/2018 fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

La falda acquifera è posizionata ad una profondità superiore a -10.0 m all'interno del sub-strato geologico costituito prevalentemente da argilla marnosa e marne argillose.

Nel caso specifico i fusi granulometrici del campione prelevato a – 3.0/3.5 metri e rappresentativo della coltre eluvio-colluviale, risultano esterni alle curve riportate nella figura precedente (limo ed argilla circa 85%), quindi si può applicare il punto 4 ed omettere la verifica a liquefazione.

8 STABILITA' DEL VERSANTE

Lo studio sull'analisi di stabilità dell'area è stato realizzato con il codice di calcolo denominato SLIDE2 che utilizza superfici di scorrimento a direttrici circolari che interessano porzioni significative del pendio.

Le verifiche sono state eseguite sia in condizioni statiche, sia in condizioni pseudo-statiche utilizzando il metodo di calcolo di Gle/Morgenstern-Price.

La sezione di calcolo, che coinvolge l'area d'intervento è disposta nella direzione di massima pendenza del versante, come da sezione litostratigrafica riportata a fine relazione.

Nelle tavole allegate a fine relazione sono riportate le superfici di scivolamento più significative delle oltre 500 analizzate nonché il fattore di sicurezza F_s della superficie maggiormente critica.

8.1 CENNI DI TEORIA

I metodi dell'equilibrio limite applicati per le verifiche di stabilità di pendii naturali e artificiali in terra determinano il grado di stabilità di un pendio in esame secondo le seguenti principali ipotesi che sono comuni a tutti i metodi messi fino ad ora a punto da diversi autori:

1. Esiste o viene assunta a priori una reale o potenziale superficie di scivolamento;
2. Si esaminano le condizioni di equilibrio della massa di terreno compresa tra il profilo del pendio e la superficie di scivolamento; la figura sottostante (Figura 13) riporta la sezione verticale di un pendio e la potenziale superficie di scivolamento

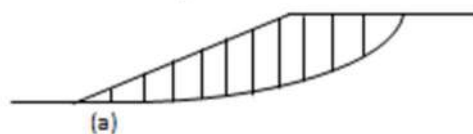


Figura 13

La massa è suddivisa in conci, la sottostante Figura 14 riporta un generico concio, la sua geometria e le forze agenti

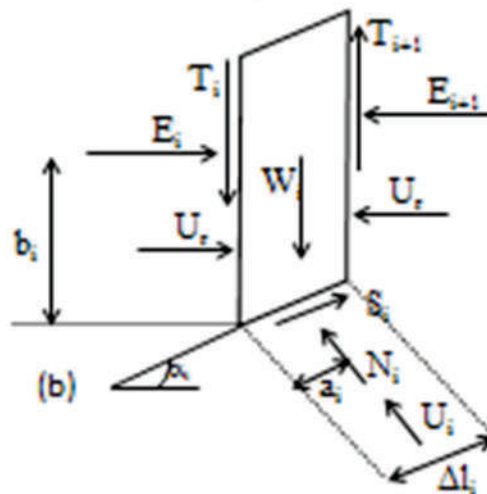


Figura 14

3. Per migliorare la qualità del calcolo la massa scivolante viene suddivisa in un numero finito n di conci e l'equilibrio globale della massa è determinato dalla somma degli "equilibri" di tutti gli n conci;
4. La rottura del pendio può avvenire per taglio sulla reale o potenziale superficie di scivolamento;
5. La resistenza a taglio sulla superficie di scivolamento è definita dal criterio di Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma' \tan \varphi'$ dove c' e φ' sono la coesione drenata e l'angolo d'attrito o di resistenza al taglio drenata rispettivamente σ' è lo sforzo normale agente sulla superficie di scivolamento;
6. Il grado di stabilità del pendio, rispetto alla superficie di scivolamento esaminata è definito da un fattore di sicurezza F , espresso come:

$$F = \tau_{res} / \tau_{mobilitata}$$

dove:

- τ_{res} è la resistenza del terreno espressa dal criterio di Mohr-Coulomb detta anche resistenza mobilitata
- $\tau_{mobilitata}$ è la resistenza che viene realmente mobilitata.

Il fattore di sicurezza può essere espresso anche in termini di forze come:

$$F = (\text{forze resistenti}) / (\text{forze attive o scivolanti});$$

per cui si può anche scrivere:

$$\tau_{\text{mobilitata}} = (c' + \sigma' \tan \varphi')/F$$

7. Poiché tale equazione è estesa su tutta la superficie di scivolamento consegue che, su ogni tratto di questa superficie di scivolamento (basi dei conci) è mobilitata la stessa aliquota di resistenza a taglio. A tutto ciò consegue ancora che la deformabilità della massa scivolante deve essere costante. Ne deriva ancora che non è corretto esaminare con il metodo dell'equilibrio limite masse di terreno che hanno diversa rigidità e soprattutto masse di terreno non omogenee costituite in parte da terreni rammollenti, perché sul terreno più rigido e rammollente viene mobilitata la massima resistenza a taglio, quando questa non è ancora stata mobilitata sul terreno più deformabile.
8. Da tale equazione ne consegue ancora che i contributi di resistenza a taglio dato dalla coesione e dall'attrito sono mobilitati dalle stesse aliquote. Tutto ciò non è corretto perché generalmente un terreno sottoposto a sforzi di taglio fino alla sua rottura perde prima la sua resistenza coesiva.
9. Il comportamento sforzi-deformazioni assunto per il terreno è rigido-plastico. Ne consegue che il metodo non può essere utilizzato per un confronto tra misure di tipo inclinometrico in sito ma soltanto per valutare attraverso il fattore di sicurezza, il grado di stabilità di un pendio o, con una ricostruzione del fenomeno, attraverso un procedimento di analisi a ritroso, detta back analysis, i parametri di resistenza a taglio del terreno o la geometria della superficie di falda;
10. Il problema è affrontato in campo piano, quindi se, per esempio, la superficie di scivolamento in esame è circolare, ad essa corrisponde, nell'ipotesi di deformazione piana, una superficie cilindrica a direttrice circolare. Se la superficie da esaminare è "a cucchiaio", con sezione centrale circolare, gli effetti stabilizzanti dati dalle costrizioni laterali sono trascurati.

Dal momento che la geometria del pendio è nota, sono noti:

- La larghezza Δx_i l'altezza h_i di ogni concio;
- Il loro prodotto, moltiplicato per il peso specifico del terreno dà il peso del

- concio per una profondità di lunghezza unitaria del terreno;
- Sono incognite le altre forze rappresentate nella figura precedente (Figura 14).
 - Il termine U_i definisce la forza dovuta alla sottospinta dell'acqua, i metodi per calcolare questa forza possono essere più o meno semplificati. Si può moltiplicare l'altezza d'acqua relativa alla superficie di scivolamento per il peso specifico dell'acqua e ottenere la pressione interstiziale e poi moltiplicare tale pressione per la larghezza del concio e ottenere la forza richiesta. Si può, se si è costituito il reticolo di flusso (esiste un moto di filtrazione che dà oggetto a forze idrodinamiche) prendere per ogni concio, l'altezza relativa all'equipotenziale che passa per la base del concio. Poiché ogni concio è influenzato dagli effetti degli adiacenti conci di monte e di valle, si introducono le forze di interazione E_i e T_i che rappresentano gli effetti della massa a monte e a valle sul generico concio. La posizione geometrica di queste forze è anch'essa incognita, come le forze di interazione e le forze normali N_i e T_i che agiscono alla base del concio.
 - Si impone per semplicità di calcolo che le forze N_i passino per il punto medio della base di ogni concio, l'inclinazione della base di ogni concio è detta α_i ed è nota.

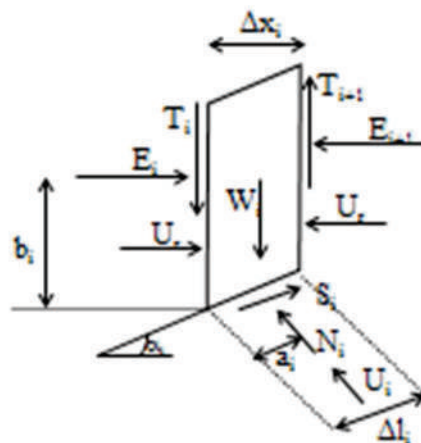


Figura 15

Se si hanno n conci:

- n valori delle forze normali N_i

- n valori delle forze di taglio
- n valori delle forze normali ΔE_i ($\Delta E_i = E_{i+1} - E_i$)
- n valori delle forze tangenziali ΔT_i ($\Delta T_i = T_{i+1} - T_i$)
- n valori di $(b_i + b_{i+1})/2$
- 5n condizioni richieste per rendere statisticamente determinando il problema.

A disposizione si hanno

- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale
- n equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale
- n equazioni di equilibrio al ribaltamento
- 3n equazioni di equilibrio dell'intera massa scivolante

La soluzione è indeterminata (più incognite di equazioni).

E' necessario quindi introdurre ipotesi semplificative per poter ottenere una soluzione, esistono delle ipotesi semplificative comuni a tutti i modelli:

1. Utilizzando il criterio di Mohr Coluomb e determinando il fattore di sicurezza come rapporto tra le resistenze a taglio mobilitabile e quella mobilitata si ha:

$$S_i = \frac{c_i \Delta x_i + N_i \operatorname{tg} \varphi}{F}$$

S_i e N_i diventano dipendenti, perciò si eliminano n incognite e ne rimangono 4n.

2. I metodi dell'equilibrio limite si differenziano soprattutto per le ipotesi che sono assunte per ridurre il numero di incognite e portarle uguali a quelle delle equazioni.
 - a) I metodi semplificati (Janbu e Bishop) trascurano le differenze tra E_i e E_{i+1}
 - b) I metodi come quello di Morgenstern & Price e quello di Sarma che ipotizzano che i rapporti tra le forze di interazione normali e di taglio T_i/E_i siano costanti lungo tutta la superficie di scivolamento o siano esprimibili con una funzione analitica dipendente da 1 o 2 costanti.
 - c) I metodi come Janbu completo, che ipotizzano che sia noto $(b_i + b_{i+1})/2$ il punto medio sull'asse del concio di applicazione della forza E_i ossia la

linea di spinta (unione tra i vari punti di applicazione).

- d) I metodi come quello di Bell, che ipotizzano nota e dipendente da soltanto due costanti la distribuzione delle N_i lungo la linea di scivolamento.

Con queste ipotesi le incognite diventano $3n+1$ per il metodo di Janbu, $3n+2$ per il metodo di Morgenstern & Price e $3n+3$ per il metodo di Bell.

La ricerca della superficie a cui compete il valore di F minimo può essere svolta in sede di progetto per una costruzione in terra come un rilevato, uno sbarramento fluviale o una discarica o può essere svolto in sede di verifica, se la superficie non è, dal punto di vista geometrico completamente nota.

Molti sono i metodi pubblicati nella letteratura scientifica per questo scopo; in questa sede se ne esamina uno che effettua la ricerca per tentativi. Si ipotizza che la superficie di scivolamento critica sia circolare e si esaminano “famiglie” di superfici aventi qualche caratteristica geometrica comune. In particolare i centri degli archi di cerchio che rappresentano, nel piano, le superfici di scivolamento, costituiscono i nodi di una maglia prefissata.

Dal momento che un cerchio è noto dal punto di vista analitico se si conosce il suo centro e il suo raggio, nel metodo in esame sono noti i centri (i nodi della maglia della figura) e i raggi attraverso una condizione prefissata.

Questa condizione può essere un punto di passaggio dell'arco di cerchio (nella Figura 16 è il piede del pendio) o una retta di tangenza che può essere un contatto con un terreno più resistente. A ognuna delle superfici di scivolamento esaminate corrisponderà un valore di F . A questo punto si tracciano le curve che hanno ugual valore di F .

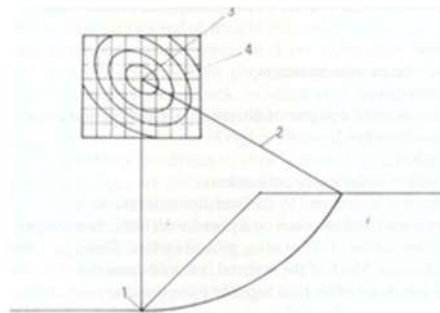


Figura 16

8.2 PARAMETRI GEOTECNICI, MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL TERRENO

Il terreno è stato schematizzato in quattro strati ai quali sono attribuiti i parametri riportati in Tabella 2.





| Material Name | Color | Unit Weight (kN/m ³) | Strength Type | Cohesion (kPa) | Phi (deg) | Water Surface | Hu Type | Hu | Ru |
|--------------------------|---|----------------------------------|---------------|----------------|-----------|---------------|---------|----|------|
| TERRENO ANTROPICO |  | 18 | Mohr-Coulomb | 2 | 18 | None | | | 0 |
| COLTRE ELUVIO-COLLUVIALE |  | 20 | Mohr-Coulomb | 30 | 20 | None | | | 0 |
| FORMAZIONE ALTERATA |  | 21 | Mohr-Coulomb | 35 | 25 | None | | | 0.15 |
| FORMAZIONE |  | 21 | Mohr-Coulomb | 40 | 25 | Water Surface | Custom | 1 | |

Tabella 2

La presenza della falda acquifera è stata rilevata all'interno del sub-strato ad una quota di circa -10.0 m dal piano campagna. Nella modellazione idrogeologica del terreno è stata valutata cautelativamente la presenza di pressioni neutrali all'interno della sub-strato alterato al cui limite inferiore è stata posizionata la falda.

Tale parametro è espresso tramite il rapporto pressione dei pori ossia:

$$r_u = \frac{u}{h_z * \gamma_z}$$

Nel caso specifico l'indice r_u attribuito ai terreni della formazione alterata è pari a 0.15. Per quanto riguarda i valori dei coefficienti sismici, K_h e K_v , questi sono estrapolati dai coefficienti sismici relativi allo stato limite ultimo SLV. Pertanto, attribuendo al terreno investigato una categoria di sottosuolo B ed al pendio una categoria topografica T1, si è ricavato quanto segue:

$$K_h = 0.052 \quad K_v = \pm 0.026$$

Le verifiche di stabilità del pendio sono state condotte sulla base dell'approccio 1 combinazione 2 (A2+M2+R2) della vigente normativa, come riportato a seguire e nei tabulati allegati a fine relazione.

A seguire si riporta quanto emerso dalle simulazioni.

8.2.1 CONDIZIONE STATICA

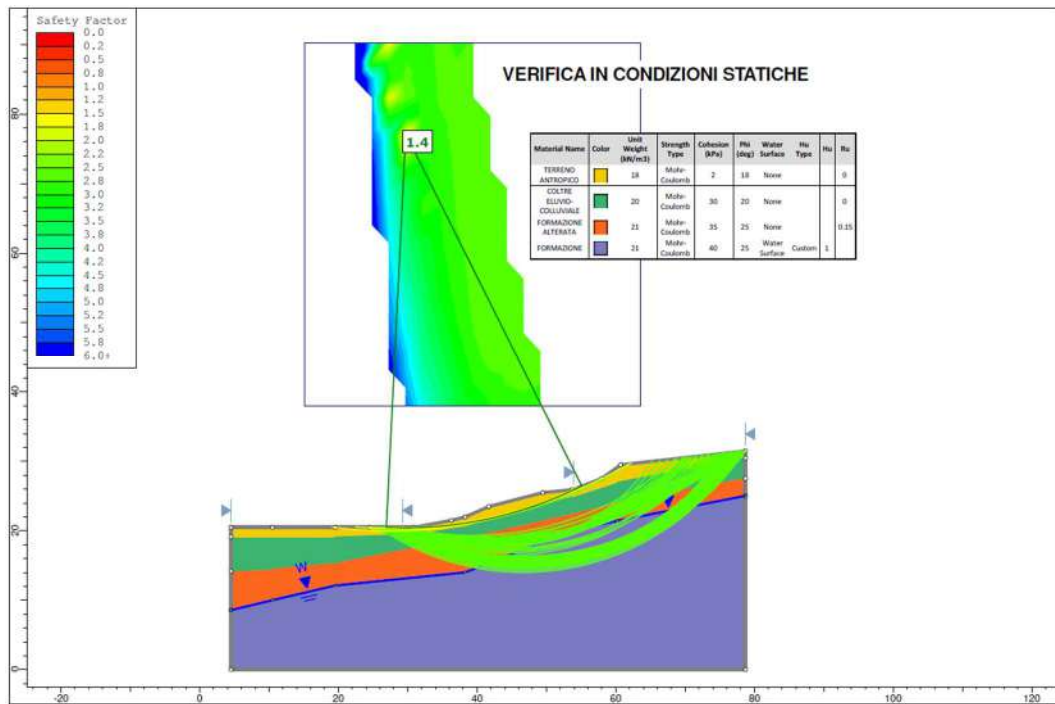


Figura 17

Il valore minimo del coefficiente di sicurezza risulta pari a 1.4.

8.2.2 CONDIZIONE PSEUDO STATICA

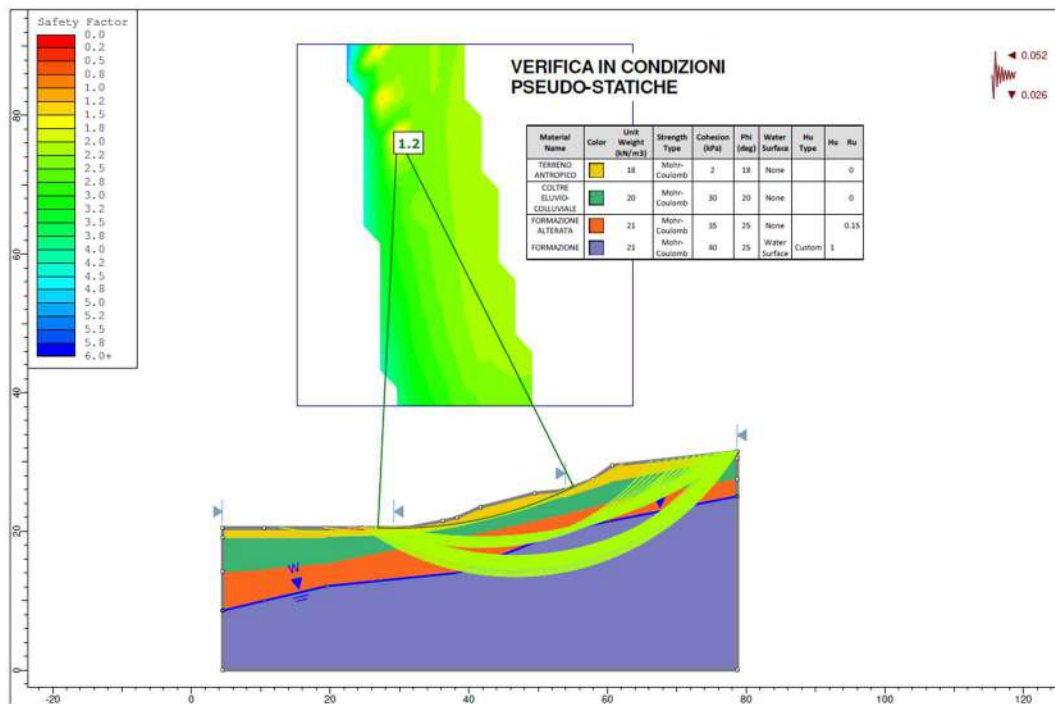


Figura 18

Le verifiche hanno fornito un coefficiente di sicurezza minimo di 1.2 superiore ai minimi di legge.

8.3 ANALISI DEI RISULTATI

I cerchi analizzati in entrambe le condizioni, statiche e pseudo-statiche hanno fornito dei coefficienti di sicurezza sempre superiori ad 1.1, soddisfacendo i requisiti dell'attuale normativa.

La porzione di versante oggetto d'intervento risulta stabile e non manifesta nessun indizio di instabilità in atto o potenziale.

9 FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA (ART. 89)

L'area di variante occupa una parte dell'ex campo da calcio del capoluogo, alla quota di circa 281/282 metri slm., morfologicamente pianeggiante.

L'edificazione è prevista in un'area pianeggiante, quindi non sono previsti sbanchi e/o riporti.

I terreni superficiali, come risulta dal sondaggio S1 sono di natura eluvio-colluviale e presentano una media consistenza come risulta dai valori R_p superiori a 20 Kg/cmq. misurati con la prova CPT.3

La formazione marina sottostante costituita da argille marnose e marne argillose si presenta prima alterata e comunque consistente e diventa poi compatta con valori di R_p molto elevati.

Il rilievo di campagna, non ha rilevato nell'area di variante, movimenti riconducibili a movimenti gravitativi in atto o potenziali ed analizzando la cartografia PAI, di cui si allega uno stralcio, l'area in esame non risulta a rischio frane, è quindi stabile.

Per quanto riguarda il versante a ridosso dell'area di variante, le penetrometrie CPT.1/CPT.2 hanno permesso di rilevare dei terreni a buona consistenza sia nella coltre eluvio-colluviale, sia nella formazione alterata.

Le verifiche di stabilità eseguite in condizioni statiche e pseudo statiche hanno fornito valori superiori a quelli previsti dalla normativa esistente.

Per quanto riguarda la porzione di gabbionata presente sul fianco Nord (circa 12 metri di fronte) questa dovrà comunque essere sostituita con una nuova gabbionata ben immorsata e con materiali di riempimento idonei.

Per la parte rimanente del piede del pendio (fianco Sud) si consiglia la realizzazione di un muretto di sottoscarpa con la realizzazione di una cunetta per intercettare le acque provenienti dal versante.

Si conferma la fattibilità geomorfologica del sito oggetto di Piano Particolareggiato.

10 COMPATIBILITA' IDRAULICA

L'area si estende in una porzione dell'ex campo di calcio, in un'area pianeggiante tra le quote di circa 281/282 metri slm.

Dall'Analisi Idrografica-Bibliografica e consultando la cartografia esistente/storica, le cartografie IGM, la Carta Tecnica Regionale l'area oggetto di variante non risulta solcata da fossi naturali e/o artificiali (vedi anche la Carta Idrografica scala 1:10.000 allegata); quindi non vi sono state e non ci sono problematiche legate a fenomeni di esondazione.

Poiché nel sito oggetto di studio non è presente un reticolo idrografico, la variante urbanistica non modifica il regime idraulico e conseguentemente a nostro avviso non è soggetta a Verifica di Compatibilità Idraulica.

L'unico fosso, artificiale, è stato rilevato a monte (Foto 1 e Foto 2), probabilmente realizzato in passato per il campo sportivo, il quale dovrà essere mantenuto efficiente, affinché svolga la sua funzione di fosso di guardia.

Le acque superficiali raccolte risultano attualmente incanalate nella tubazione esistente passante sul fianco del campo sportivo lato Sud ("Ortaletto"); la tubazione ed i relativi pozzetti dovranno essere verificati.

Nella Figura 19 è riportata la planimetria scala 1:2.000 con lo schema del deflusso delle acque, ricostruito sulla base delle informazioni desunte sul luogo, fino a raggiungere il reticolo idrografico locale.

Il Fosso naturale più vicino è posto a Sud ad una distanza almeno 150 metri; prende forma sotto la strada comunale di San Gianni e scende lungo il versante in direzione Ovest verso la sorgente solfurea.

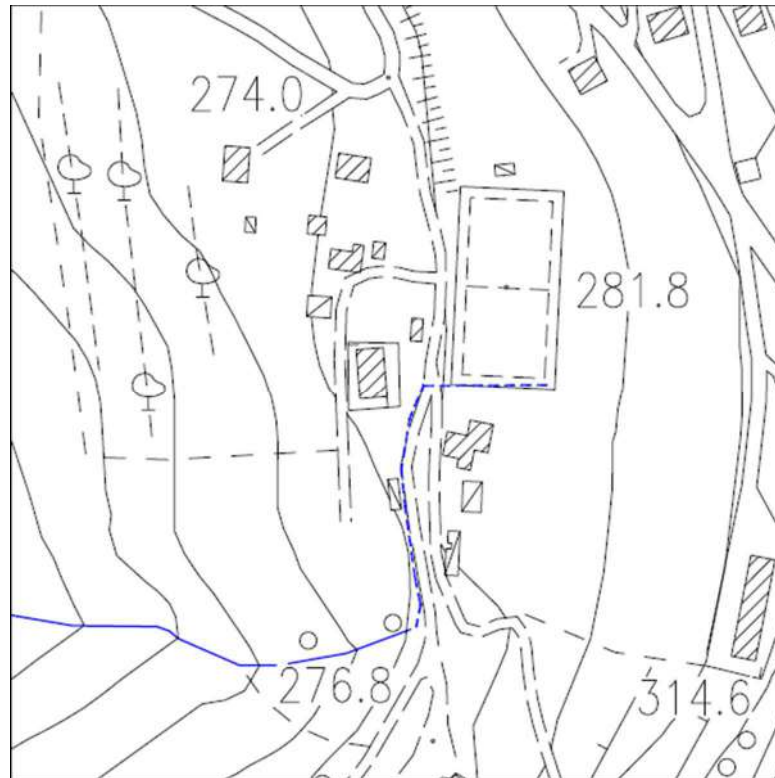




Figura 19

-  Idrografia superficiale principale
-  Idrografia superficiale secondaria (tratto tombinato)

11 CONCLUSIONI

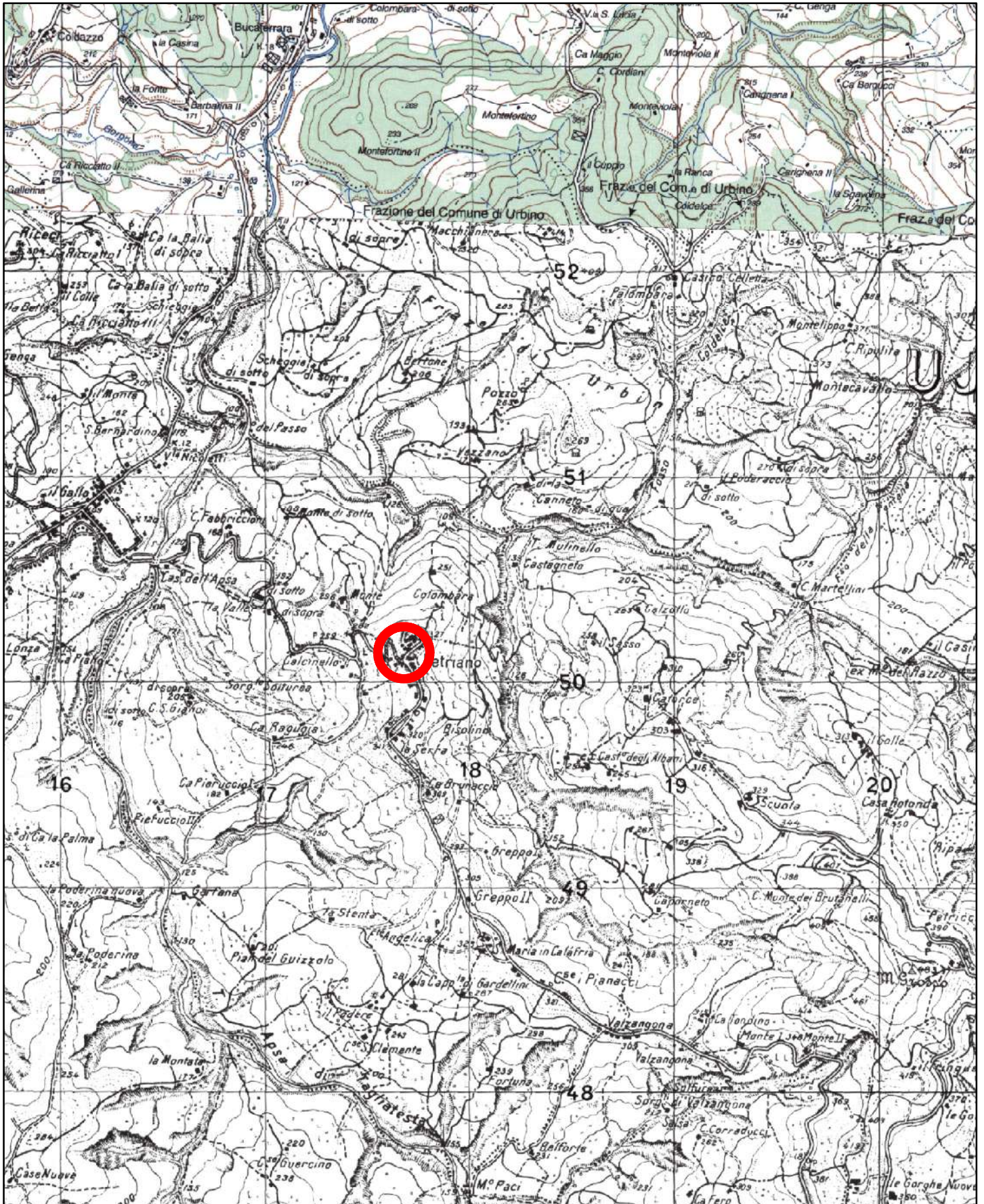
Dall'analisi della cartografia P.A.I. (Autorità di Bacino Regione Marche), l'area oggetto di Variante Urbanistica da "Zona Verde Attrezzato" a "Zona destinata ad attrezzature pubbliche e comuni Area APC" (Comparto MP2 – Sub comparto A) non presenta zone sottoposte a regime di vincolo idrogeologico.

Esaminata la vincolistica dell'area ed i risultati dell'indagine geognostica si attesta l'idoneità del sito per la Variante Urbanistica dal punto di vista geologico, idrogeologico e sismico.

ALLEGATO 1

| | |
|--|------------------------|
| COROGRAFIA | scala 1: 25.000 |
| RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO | scala 1: 10.000 |
| CARTA GEOLOGICA | scala 1: 5.000 |
| CARTA IDROGRAFICA | scala 1: 10.000 |
| CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO | scala 1: 10.000 |

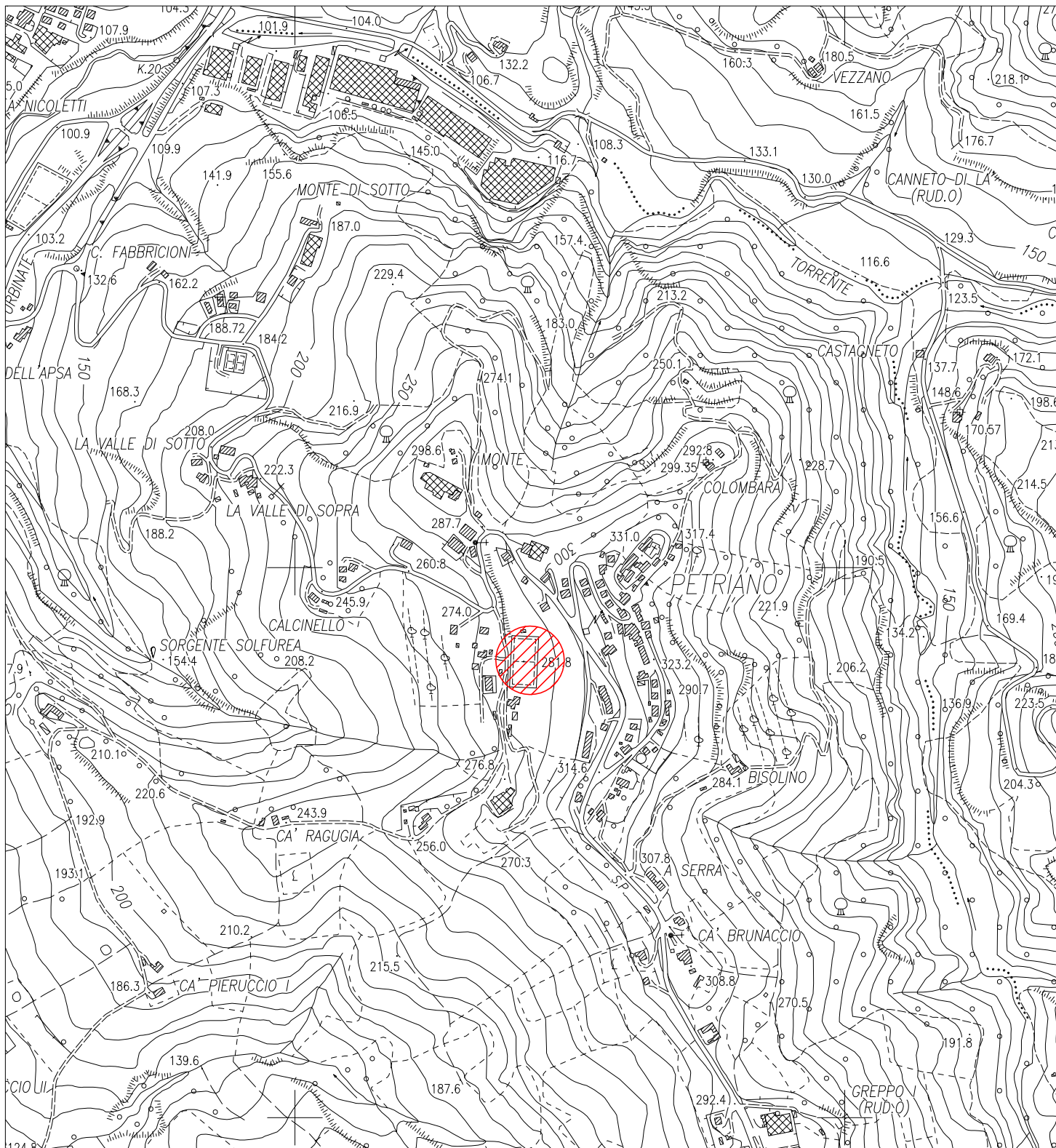
Corografia Scala 1:25.000



 Area in esame

Rilievo aerofotogrammetrico Scala 1:10.000

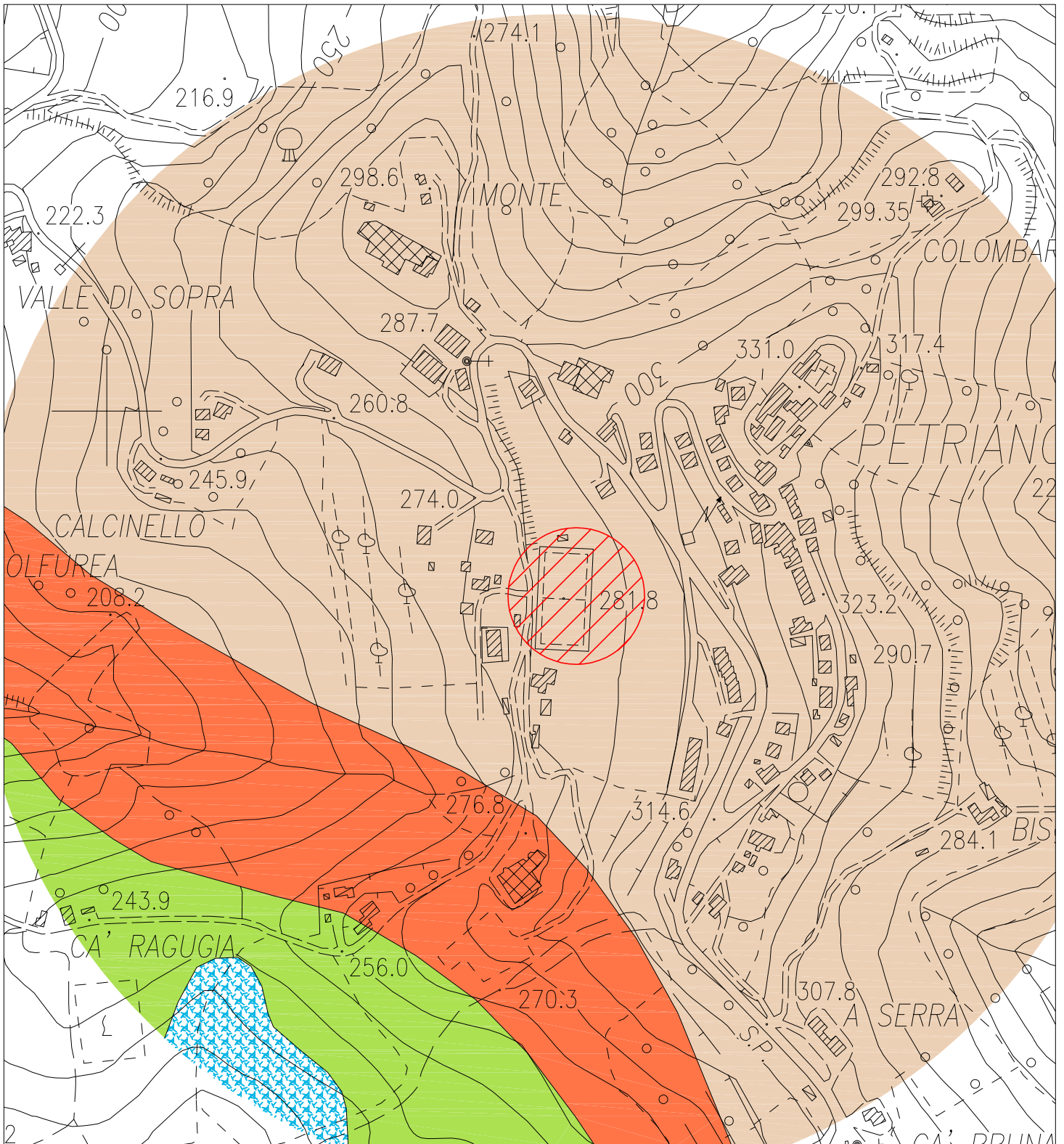
Foglio 280 - Sezione 280010



Area in esame

Carta Geologica Scala 1:5.000

Carta Geologica Regionale - Sezione 280010 Petriano



Area in esame

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI



MUSb2 - Deposito Eluvio-Colluviale

SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLA SUCCESSIONE MIOCENICA



TPE - Tripoli e Marne Tripolacee

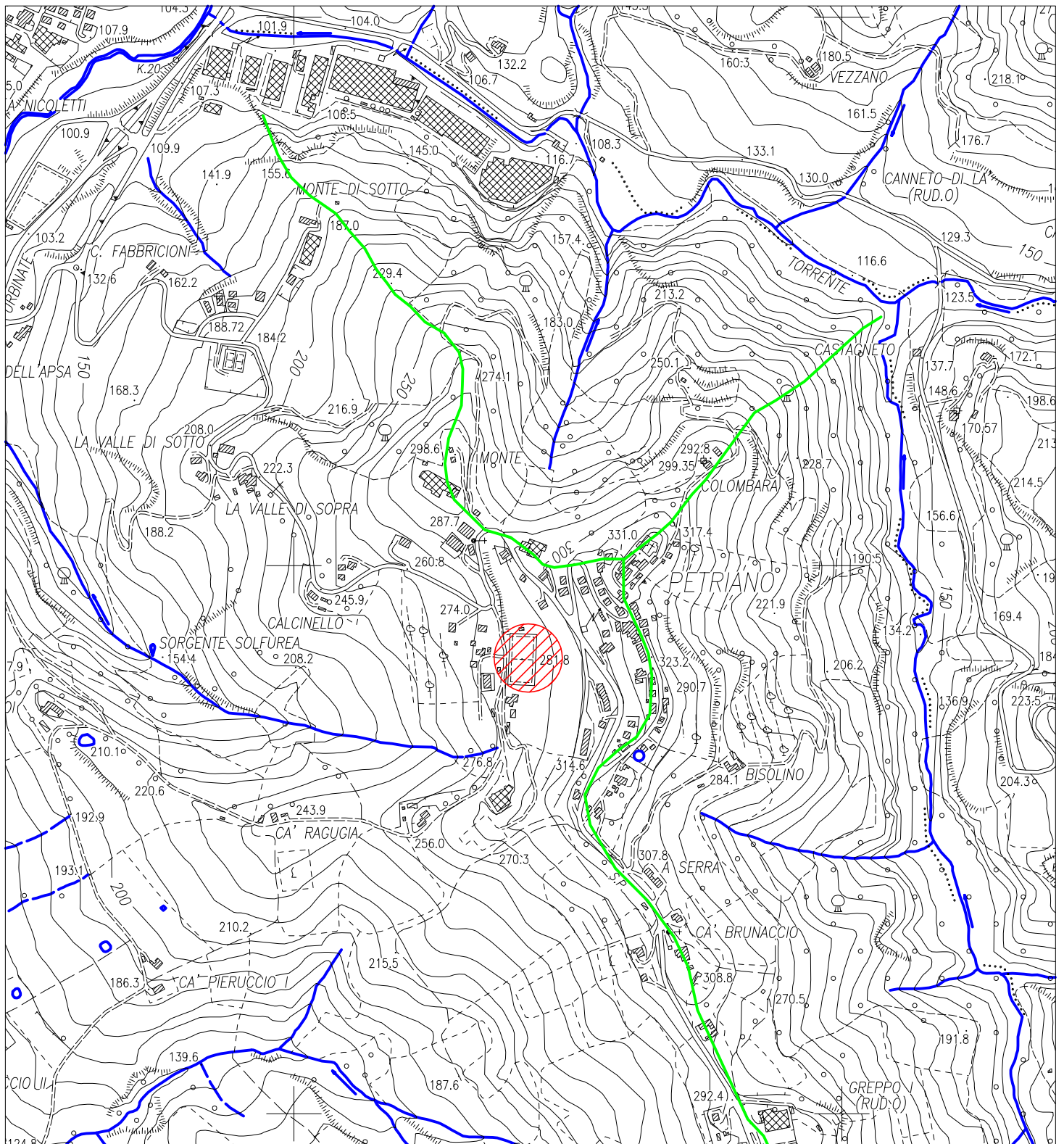


GNO - Formazione di Sapigno



FCO - Formazione a Colombacci

Carta Idrografica Scala 1:10.000



Area in esame

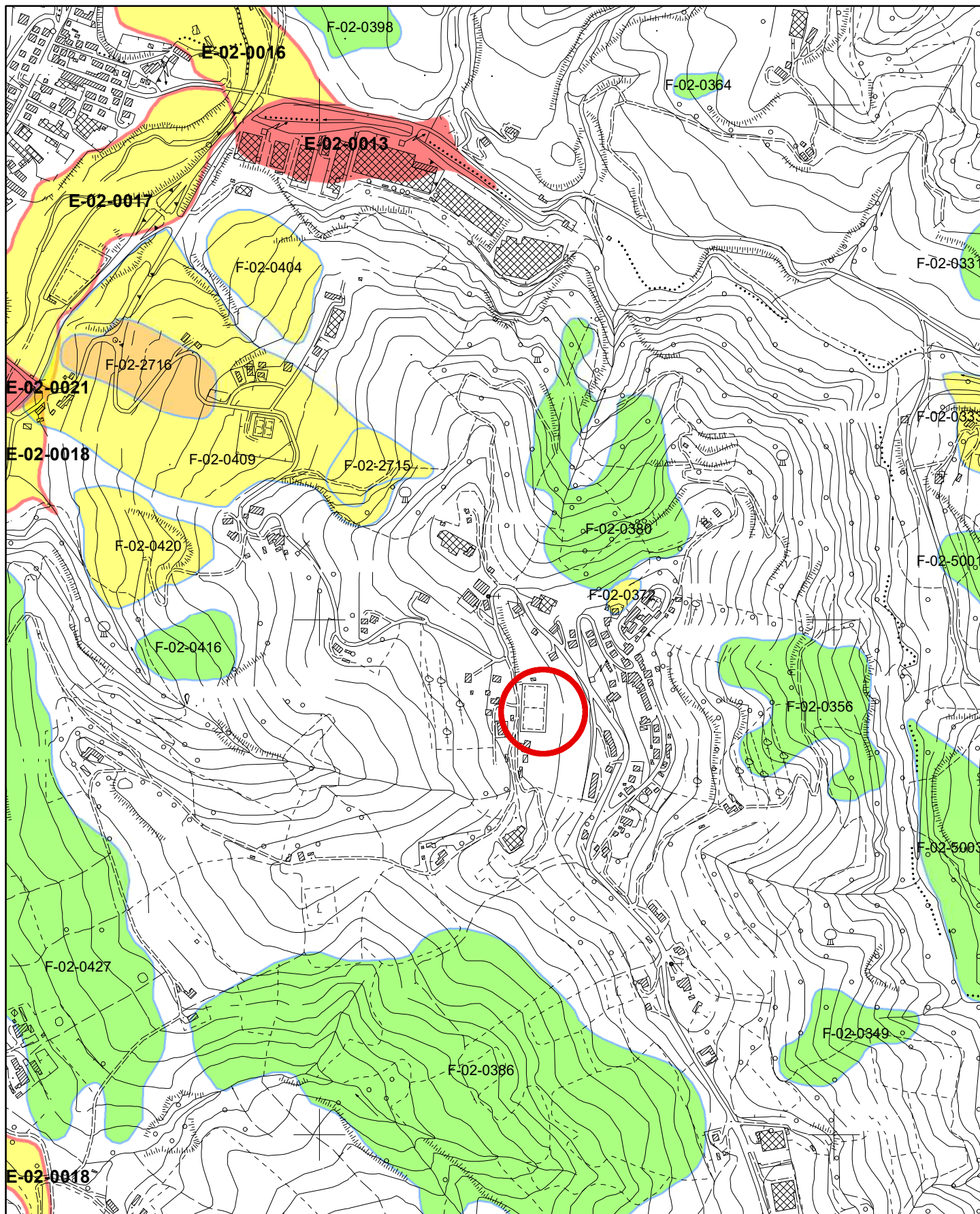


Idrografia superficiale



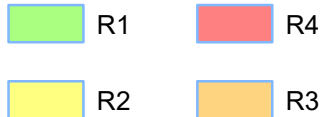
Spartiacque morfologico principale

Carta del Rischio Idrogeologico PAI - Scala 1:10.000

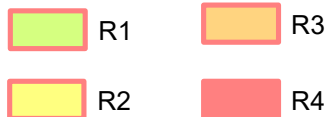


Legenda

Rischio frana



Rischio esondazione



 Area in esame

ALLEGATO 2

PLANIMETRIA UBICAZIONE SONDAGGI

scala 1: 400

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

scala 1: 200

COLONNE STRATIGRAFICHE

TABULATI ANALISI DI LABORATORIO

GRAFICI E TABULATI PROVE PENETROMETRICHE CPT

TABULATI INDAGINE SISMICA MASW

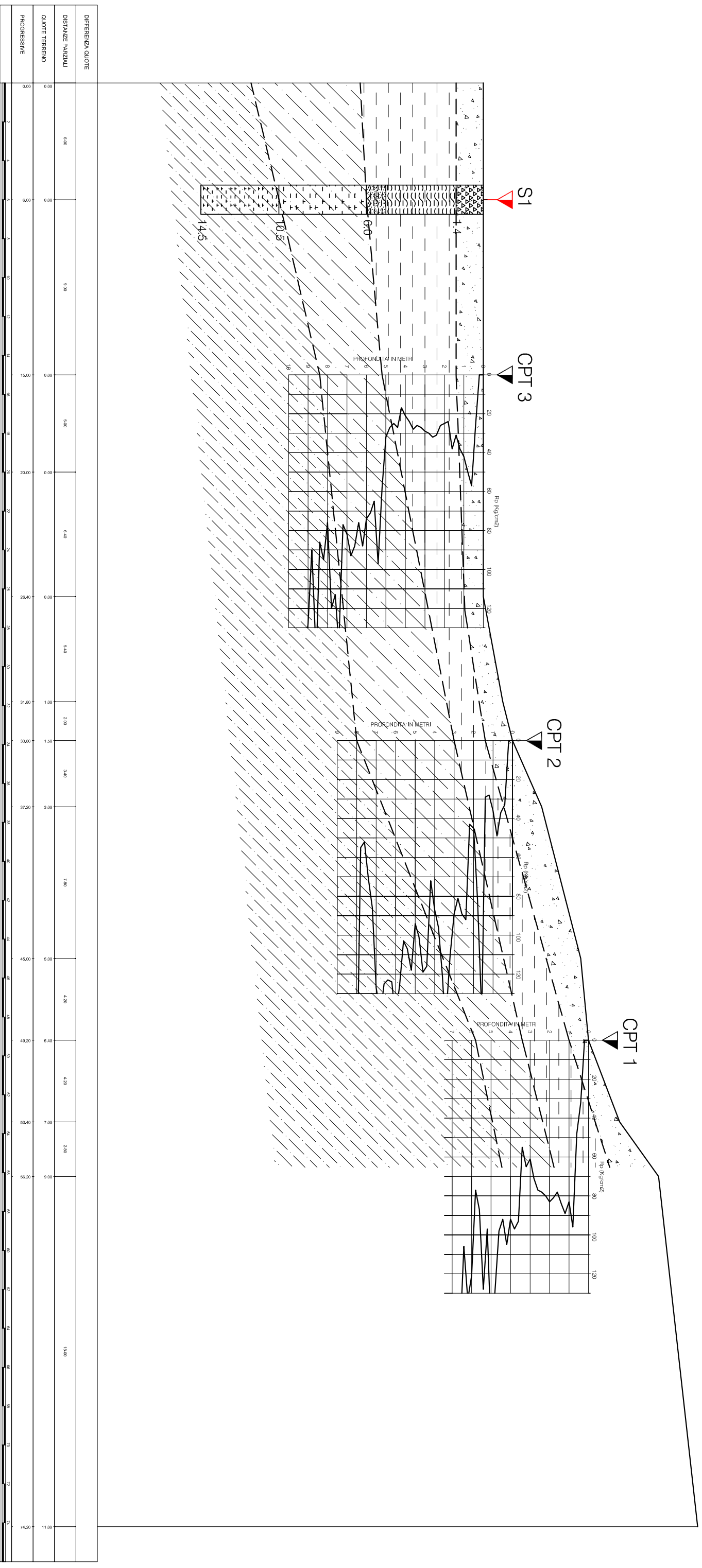
Planimetria ubicazione sondaggi Scala 1:400

LEGENDA

- Limite Variante Urbanistica
- Ingombro scuola da relizzare
- ▽ Sondaggio a carotaggio continuo
- ▽ Prova penetrometrica statica CPT
- Indagine sismica MASW
- Traccia di sezione



PLANIMETRIA GENERALE



| | |
|--|---|
| Località: Petriano, campo da calcio | S.G. ASSOCIATI Via A.Benucci, 45 Pesaro tel. 0721.202625 fax 0721.1710024 C.F. e P.IVA: 02540340417 e-mail: sg@netco.it |
| Committente: Comune di Petriano | |
| Sondaggio: S1 | |
| Tipo di sondaggio: a carotaggio continuo diametro 101 mm | |
| Quota: | |
| Data ultimazione: 21 luglio 2021 | |

| Scala 1:100 | Profondita' | Stratigrafia | Descrizione | Campioni | Pocket kg/cmq | Falda | Tubo aperto |
|-------------|-------------|--------------|--|----------|---------------|-------|-------------|
| 1 | 1.40 | | argilla limosa di colore nocciola con piccoli frammenti di laterizio | | | | |
| 2 | | | argilla limosa, limo argilloso sabbioso a media consistenza, di colore nocciola (coltre eluvio-colluviale) | | 3.0 | | |
| 3 | | | | | 3.5 | | |
| 4 | | | | | C1-S1 | | |
| 5 | | | | 3.50 | | | |
| 6 | 5.00 | | limo argilloso sabbioso a media consistenza, di colore nocciola con calcinelli (coltre eluvio-colluviale) | | 3.0 | | |
| 7 | 6.00 | | argilla, argilla marnosa consistente di colore nocciola e grigio (Formazione alterata) | | 3.5 | | |
| 8 | | | | | 4.5 | | |
| 9 | | | | | 5.0 | | |
| 10 | | | | | 5.5 | | |
| 11 | 10.50 | | argilla marnosa, marna argillosa consistente/compatta, di colore grigio (Formazione) | | 6.0 | | |
| 12 | | | | | 7.0 | | |
| 13 | | | | | 8.0 | | |
| 14 | | | | | 8.0 | | |
| 15 | 14.50 | | | | | | 14.50 |
| 16 | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | |

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Sondaggio S1



Cassa 1 - da 0.0 a -5.0



Cassa 2 – da -5.0 m a -10.0 m



Cassa 3 – da -10.0 m a -15.0 m

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

| | | | |
|---------------------------|---------------------------|----------------------|-------------|
| COMMITTENTE | COMUNE DI PETRIANO | SONDAGGIO | 1 |
| CANTIERE | | CAMPIONE | 1 |
| LOCALITA' | PETRIANO | PROFONDITA' da m | 3,00 |
| RIF. | G21-150 | a m | 3,50 |
| Data ricevimento campione | 21.07.2021 | Verbale accettazione | 257/21 |
| Data certificati | 28.07.2021 | Certificati | |

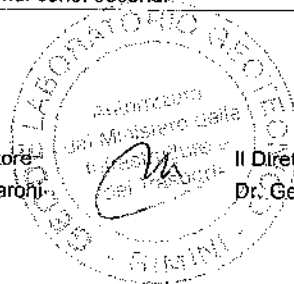
SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

| CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE | | | | LIMITI DI ATTERBERG | | | | |
|----------------------------------|--------------------------|--------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------|-------------|-----|
| Contenuto in acqua | Wn | 23,40 | % | Limite di liquidità | LL | 43,50 | % | |
| Peso di volume umido | γ | 2,030 | g/cm ³ | Limite di plasticità | LP | 25,6 | % | |
| Peso di volume secco | γ_d | 1,65 | g/cm ³ | Limite di ritiro | LR | | % | |
| Peso specifico | G | | g/cm ³ | Indice liquido | IL | | | |
| Indice dei vuoti | e | | | Indice plastico | IP | 17,9 | | |
| Porosità | n | | % | Indice di consistenza | IC | 1,12 | | |
| Umidità di saturazione | Wsat | | % | Ritiro lineare | IS | | % | |
| Grado di saturazione | Sr | | % | Grado di attività | A | | | |
| Btu di metilene | Vb | | | Sensibilità | St | | | |
| GRANULOMETRIA | | | | RESISTENZA A COMPRESSIONE | | | | |
| Ciottoli | C | | % | Compressione semplice (ELL) | σ_c | | KPa | |
| Ghiaia | G | | % | | Deformazione a rottura | ev | | % |
| Sabbia | S | 14,80 | % | PP-VT | | | | |
| Limo+argilla | L+A | | % | | | | | |
| Limo | L | 53,90 | % | Pocket penetrometer | PP | 420 | 460 | KPa |
| Argilla | A | 31,30 | % | Vane Test | VT | 200 | 220 | KPa |
| Coeff. di uniformità | U | | | da a | | | | |
| Classificazione CNR-UNI 10006 | | | | | | | | |
| PROVA DI TAGLIO DIRETTO | | | | | | | | |
| Test CD | Angolo di attrito | ϕ' | 18,5 | ° | Coesione efficace | C' | 43,3 | KPa |
| | Angolo a volume costante | ϕ_{vc} | | ° | Coesione a vol. costante | C _{vc} | | KPa |
| Test CR | Angolo residuo | ϕ_{res} | | ° | Coesione residua | C _{res} | | KPa |
| PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE | | | | | | | | |
| Test CD | Angolo di attrito | ϕ' | | ° | Coesione efficace | c' | | KPa |
| Test CU | Angolo di attrito | ϕ_{cu} | | ° | Coesione non drenata | ccu | | KPa |
| Test CR | Angolo di attrito | ϕ_{uu} | | ° | Coesione non drenata | c _{uu} | | KPa |
| PROVA EDOMETRICA | | | | | | | | |
| Modulo edometrico | Ed | | Mpa | Gradino di carico | σ | | KPa | |
| Coeff. di consolidazione | Cv | | cm ² /sec | Indice di rigonfiamento | Cs | | | |
| Coeff. di compress. edom. | Mv | | mq/KN | | | | | |
| Coeff. di permeabilità | K | | m/sec | Coeff. di cons. second. | Ca | | % | |

Note:

Lo Sperimentatore
Dr. Marino Mularoni

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

| | | | |
|-------------|---------------------------|------------------|-------------|
| COMMITTENTE | COMUNE DI PETRIANO | SONDAGGIO | 1 |
| CANTIERE | | CAMPIONE | 1 |
| LOCALITA' | PETRIANO | PROFONDITA' da m | 3,00 |
| RIF. | G21-150 | a m | 3,50 |

| | | | |
|---------------------------|------------|---------------------|-----------|
| Data ricevimento campione | 21.07.2021 | Numero accettazione | 257/21 |
| Data esecuzione prova | 23.07.2021 | Procedura operativa | IST 06/01 |

APERTURA E DESCRIZIONE CAMPIONI (ASTM 2488 - AGI 1977)

| | | | |
|------------------------------|--------------------|--------------------|-------|
| Contenitore: | fustella metallica | Diametro campione | 84 mm |
| Classe di qualità (AGI 1977) | Q5 | Lunghezza campione | 27 cm |

| PP | | VT | | PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO | | DESCRIZIONE LITOLOGICA |
|----|-----|----|-----|---|--------|--|
| da | a | da | a | | | |
| | 4,3 | | 2,0 | Volumetria | 10 cm | Limo argilloso nocciola con locali passate brunastre. Diffusi inclusi sub-millimetrici biancastri. Rari calcinelli anche 1 cm. |
| | 4,6 | | 2,2 | Granul. Cumulativa Limiti di Atterberg | | |
| | 4,2 | | 2,0 | Taglio Casagrande CD | 20 cm | |
| | 4,5 | | 2,2 | | 30 cm | |
| | | | | | 40 cm | |
| | | | | | 50 cm | |
| | | | | | 60 cm | |
| | | | | | 70 cm | |
| | | | | | 80 cm | |
| | | | | | 90 cm | |
| | | | | | 100 cm | |

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICACertificato n. **257/21.1**Data certificato **28.07.2021**Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni**
Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Marino Mularoni**

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

| | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------|---------------|
| COMMITTENTE | COMUNE DI PETRIANO | SONDAGGIO | 1 |
| CANTIERE | | CAMPIONE | 1 |
| LOCALITA' | PETRIANO | da m | 3,00 |
| RIF. | G21-150 | a m | 3,50 |
| Data ricevimento campione | 21.07.2021 | Numero accettazione | 257/21 |
| Data esecuzione prova | 23.07.2021 | Procedura operativa | |

PARAMETRI CALCOLATI*sulla base dei risultati di prova*

DATI MISURATI

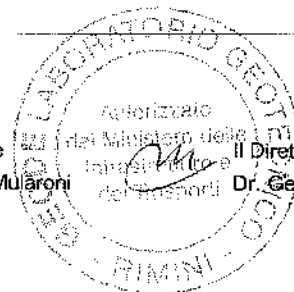
| | | | |
|--------------------------------------|------------|--------------|-------------------|
| <i>Peso di volume naturale</i> | γ | 2,03 | Mg/m ³ |
| <i>Umidità allo stato naturale</i> | W | 23,40 | % |
| <i>Temperatura media delle prove</i> | T | 19 | °C |
| <i>Peso specifico dei granuli</i> | γ_r | | Mg/m ³ |

ALTRI VALORI IMPIEGATI PER IL CALCOLO

| | | | |
|----------------------------------|------------|------|-------------------|
| <i>Peso specifico dell'acqua</i> | δ_w | 1,00 | Mg/m ³ |
|----------------------------------|------------|------|-------------------|

PARAMETRI CALCOLATI

| | | | |
|------------------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| <i>peso di volume saturo</i> | γ_w | | Mg/m ³ |
| <i>peso di volume secco</i> | γ_d | 1,65 | Mg/m ³ |
| <i>indice dei vuoti</i> | e | | |
| <i>porosità</i> | n | | % |
| <i>grado di saturazione</i> | S_r | | % |

Certificato n. **257/21.2**Data certificato **28.07.2021**Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni** Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Marino Mularoni**

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

| | | | |
|-------------|---------------------------|-----------|-------------|
| COMMITTENTE | COMUNE DI PETRIANO | SONDAGGIO | 1 |
| CANTIERE | | CAMPIONE | 1 |
| LOCALITA' | PETRIANO | da m | 3,00 |
| RIF. | G21-150 | a m | 3,50 |

| | | | |
|---------------------------|------------|---------------------|-----------|
| Data ricevimento campione | 21.07.2021 | Numero accettazione | 257/21 |
| Data esecuzione prova | 23.07.2021 | Procedura operativa | IST 06.03 |

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

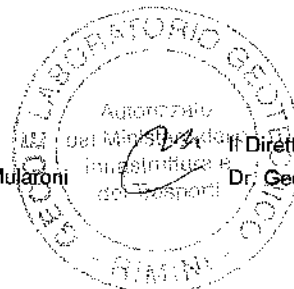
| <i>volume (cm³)</i> | <i>peso umido (g)</i> |
|------------------------------------|---------------------------|
| 554,20 | 1127,40 |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Peso di volume ρ **2,034** Mg/m³

Certificato n. **257/21.2**

Data certificato **28.07.2021**

Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni** Il Direttore del Laboratorio
 Dr. Geol. Marino Mularoni **Dr. Geol. Marino Mularoni**



**LABORATORIO GEOTECNICO**

del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

| | | | |
|-------------|---------------------------|-----------|-------------|
| COMMITTENTE | COMUNE DI PETRIANO | SONDAGGIO | 1 |
| CANTIERE | | CAMPIONE | 1 |
| LOCALITA' | PETRIANO | da m | 3,00 |
| RIF. | G21-150 | a m | 3,50 |

| | | | |
|---------------------------|------------|---------------------|-----------|
| Data ricevimento campione | 21.07.2021 | Numero accettazione | 257/21 |
| Data esecuzione prova | 23.07.2021 | Procedura operativa | IST 06.02 |

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

| <i>peso umido (g)</i> | <i>peso secco (g)</i> |
|---------------------------|---------------------------|
| 1127,40 | 913,60 |
| | |
| | |
| | |
| | |

Umidità allo stato naturale **W 23,40** %

Certificato n. **257/21.2**

Data certificato **28.07.2021**

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni



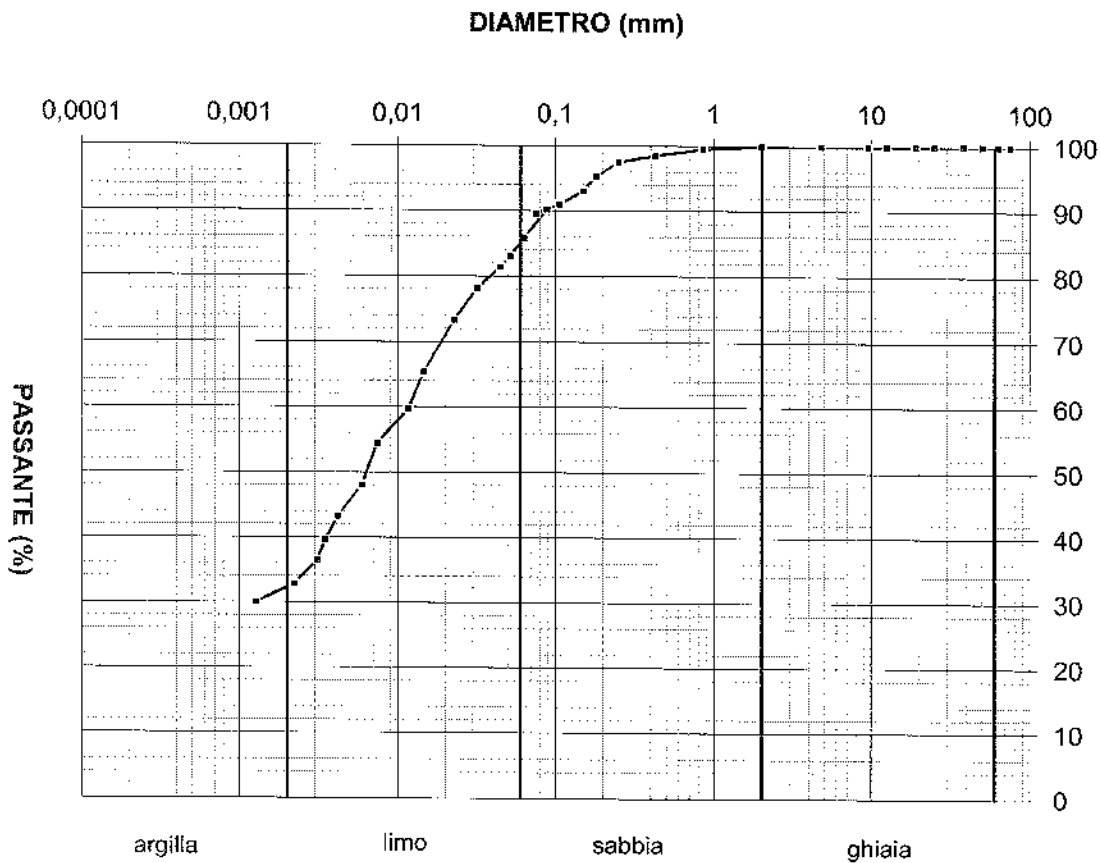
LABORATORIO GEOTECNICO
 del Dr. Geol. M. Mularoni
 Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
 Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

| | | | |
|---------------------------|---------------------------|----------------------|-------------|
| COMMITTENTE | COMUNE DI PETRIANO | SONDAGGIO n.. | 1 |
| CANTIERE | | CAMPIONE n. | 1 |
| LOCALITA' | PETRIANO | PROF. da m | 3,00 |
| RIF. | G21-150 | a m | 3,50 |
| Data ricevimento campione | 21.07.2021 | Verbale accettazione | 257/21 |
| Data esecuzione prova | 23.07.2021 | Procedura operativa | IST 06.06 |

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63) - CURVA CUMULATIVA



| | | | | | |
|-----------------|--|----------|---------|----------|---------|
| Descrizione AGI | LIMO CON ARGILLA SABBIOSO | d10 (mm) | 0,00000 | d15 (mm) | 0,00000 |
| | | d60 (mm) | 0,0110 | d85 (mm) | 0,0600 |

Classificazione UNI-CNR 10006

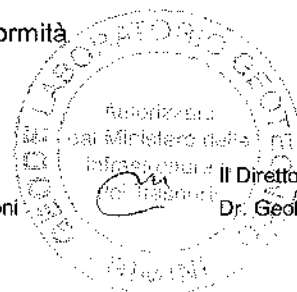
Coefficiente di uniformità
 (d60/d10) **U =**

Certificato n. **257/21.3**

Lo Sperimentatore
 Dr. Geol. Marino Mularoni

Il Direttore del Laboratorio
 Dr. Geol. Marino Mularoni

Data certificato **28.07.2021**



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

| | | | |
|---------------------------|---------------------------|----------------------|-------------|
| COMMITTENTE | COMUNE DI PETRIANO | SONDAGGIO n. | 1 |
| CANTIERE | | CAMPIONE n. | 1 |
| LOCALITA' | PETRIANO | PROF da m | 3,00 |
| RIF. | G21-150 | a m | 3,50 |
| Data ricevimento campione | 21.07.2021 | Verbale accettazione | 257/21 |
| Data esecuzione prova | 23.07.2021 | Procedura operativa | IST 06.06 |

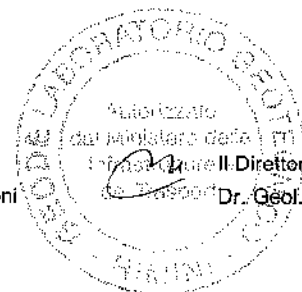
ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

| | | | |
|--|-------|------------------------|------------|
| peso campione alla sedimentazione (g): | 40,00 | densimetro utilizzato: | ASTM 151 H |
| temperatura di prova (°C): | 25,0 | peso specifico: | 2,70 |

| tempo (min') | ∅ equivalente (mm) | lettura densimetrica* | passante (%) |
|--------------|--------------------|-----------------------|--------------|
| 0,25 | 0,088 | 24,70 | 90,20 |
| 0,5 | 0,063 | 23,60 | 85,78 |
| 0,75 | 0,052 | 22,90 | 82,97 |
| 1 | 0,045 | 22,50 | 81,37 |
| 2 | 0,032 | 21,70 | 78,16 |
| 4 | 0,023 | 20,50 | 73,34 |
| 10 | 0,015 | 18,50 | 65,32 |
| 16 | 0,012 | 17,10 | 59,70 |
| 40 | 0,007 | 15,80 | 54,48 |
| 64 | 0,006 | 14,20 | 48,06 |
| 130 | 0,004 | 13,00 | 43,25 |
| 190 | 0,003 | 12,10 | 39,64 |
| 240 | 0,003 | 11,30 | 36,43 |
| 480 | 0,002 | 10,40 | 32,81 |
| 1440 | 0,001 | 9,70 | 30,00 |

*correzioni applicate:
 $C_m = 0,5$
 $C_d = 5$
 $C_t = 2,3$

| composizione granulometrica | |
|-----------------------------|-------------|
| % ghiaia | 0,0 |
| % sabbia | 14,8 |
| % limo | 53,9 |
| % argilla | 31,3 |

Certificato n. **257/21.3**Data certificato **28.07.2021**Lo Sperimentatore
Dr. Geol. Marino MularoniDirettore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

| | | | |
|-------------|---------------------------|--------------|-------------|
| COMMITTENTE | COMUNE DI PETRIANO | SONDAGGIO n. | 1 |
| CANTIERE | | CAMPIONE n. | 1 |
| LOCALITA' | PETRIANO | PROF da m | 3,00 |
| RIF. | G21-150 | a m | 3,50 |

| | | | |
|---------------------------|------------|---------------------|-----------|
| Data ricevimento campione | 21.07.2021 | Numero accettazione | 257/21 |
| Data esecuzione prova | 23.07.2021 | Procedura operativa | IST 06.06 |

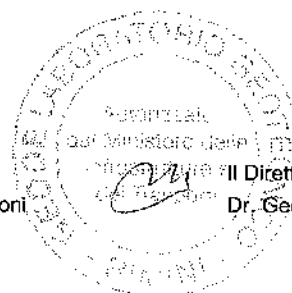
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURApeso terreno setacciato (g): **400**

| ϕ / maglia (mm) | trattenuto (g) | passante (g) | passante (%) |
|-------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| 75 | 0,00 | 400,00 | 100,00 |
| 63 | 0,00 | 400,00 | 100,00 |
| 50 | 0,00 | 400,00 | 100,00 |
| 38,1 | 0,00 | 400,00 | 100,00 |
| 25 | 0,00 | 400,00 | 100,00 |
| 19 | 0,00 | 400,00 | 100,00 |
| 12,5 | 0,00 | 400,00 | 100,00 |
| 9,5 | 0,00 | 400,00 | 100,00 |
| 4,75 | 0,00 | 400,00 | 100,00 |
| 2 | 0,00 | 400,00 | 100,00 |
| 0,85 | 2,00 | 398,00 | 99,50 |
| 0,425 | 6,00 | 394,00 | 98,50 |
| 0,25 | 10,00 | 390,00 | 97,50 |
| 0,18 | 19,00 | 381,00 | 95,25 |
| 0,15 | 28,00 | 372,00 | 93,00 |
| 0,106 | 36,00 | 364,00 | 91,00 |
| 0,075 | 42,00 | 358,00 | 89,50 |

Certificato n. **257/21.3**Data certificato **28.07.2021**

Lo Sperimentatore

Dr. Geol. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio

Dr. Geol. Marino Mularoni

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

| | | | |
|-------------|---------------------------|------------|-------------|
| COMMITTENTE | COMUNE DI PETRIANO | SONDAGGIO | 1 |
| CANTIERE | | CAMPIONE | 1 |
| LOCALITA' | PETRIANO | PROF. da m | 3,00 |
| RIF. | G21-150 | a m | 3,50 |

| | | | |
|---------------------------|------------|---------------------|-----------|
| Data ricevimento campione | 21.07.2021 | Numero accettazione | 257/21 |
| Data esecuzione prova | 27.07.2021 | Procedura operativa | IST 06.07 |

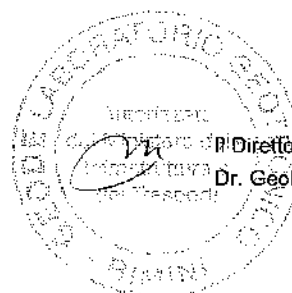
LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

| n° di cadute | limite di liquidità | | | limite di plasticità | | |
|--------------|---------------------|----------------|-------------|----------------------|----------------|-------------|
| | peso umido (g) | peso secco (g) | umidità (%) | peso umido (g) | peso secco (g) | umidità (%) |
| 11 | 47,19 | 31,95 | 47,70 | 8,24 | 6,56 | |
| 18 | 66,19 | 45,56 | 45,28 | 8,63 | 6,85 | |
| 26 | 67,43 | 47,27 | 42,65 | 8,03 | 6,41 | |
| 37 | 63,19 | 44,22 | 40,59 | | | |

| limite di ritiro | | | |
|---------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|
| volume umido (cm ³) | peso umido (g) | volume secco (cm ³) | peso secco (g) |
| | | | |
| Ritiro lineare | mm | 122/140,0 | 12,86% |

| | | |
|--------------------|---|---------|
| (Umidità naturale) | W | 23,40 % |
|--------------------|---|---------|

| | | |
|-----------------------|----|---------|
| LIMITE DI LIQUIDITA' | WI | 43,50 % |
| LIMITE DI PLASTICITA' | Wp | 25,60 % |
| LIMITE DI RITIRO | Wr | % |
| INDICE DI PLASTICITA' | IP | 17,90 |
| INDICE DI LIQUIDITA' | IL | -0,12 |
| INDICE DI CONSISTENZA | Ic | 1,12 |
| RITIRO LINEARE | RI | % |
| GRADO DI ATTIVITA' | A | |

Certificato n. **257/21.4**Data certificato **28.07.2021**Lo Sperimentatore
Dr. Marino MularoniDirettore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni



LABORATORIO GEOTECNICO

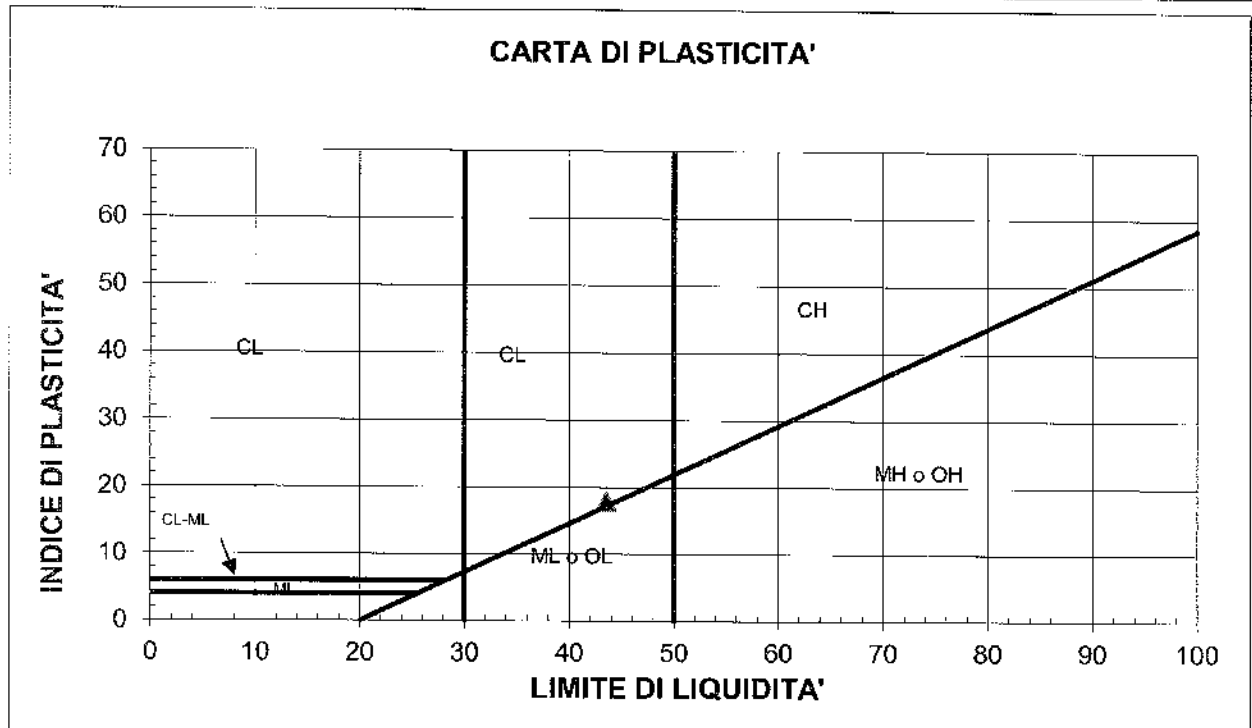
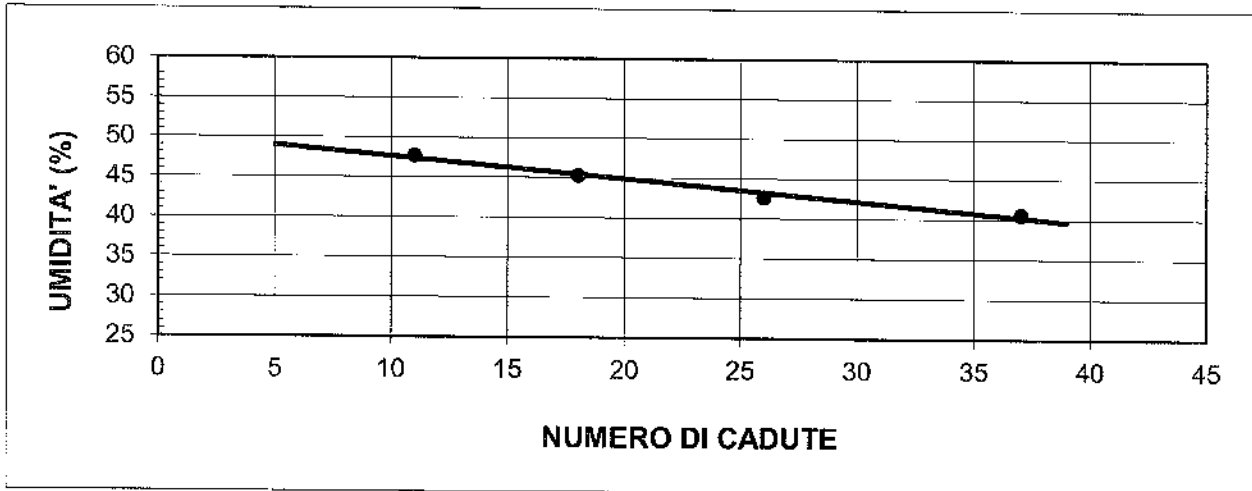
del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

| | | | |
|-------------|---------------------------|------------|-------------|
| COMMITTENTE | COMUNE DI PETRIANO | SONDAGGIO | 1 |
| CANTIERE | | CAMPIONE | 1 |
| LOCALITA' | PETRIANO | PROF. da m | 3,00 |
| RIF. | G21-150 | a m | 3,50 |

| | | | |
|---------------------------|------------|---------------------|-----------|
| Data ricevimento campione | 21.07.2021 | Numero accettazione | 257/21 |
| Data esecuzione prova | 27.07.2021 | Procedura operativa | IST 06.07 |



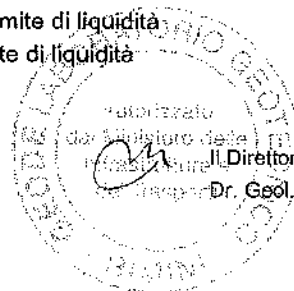
M = limi inorganici
 C = argille inorganiche
 O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidita'
 H = alto limite di liquidita'

Certificato n. **257/21.4**

Data certificato **28.07.2021**

Lo Sperimentatore
Dr. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

| | | | |
|---------------------------|--------------------|------------------------|-----------|
| COMMITTENTE | COMUNE DI PETRIANO | SONDAGGIO | 1 |
| CANTIERE | | CAMPIONE | 1 |
| LOCALITA' | PETRIANO | PROF. Da m | 3,00 |
| RIF. | G21-150 | a m. | 3,50 |
| Data ricevimento Campione | 21.07.2021 | Numero di accettazione | 257/21 |
| Data esecuzione Prova | 26.07.2021 | Procedura operativa | IST 06.11 |

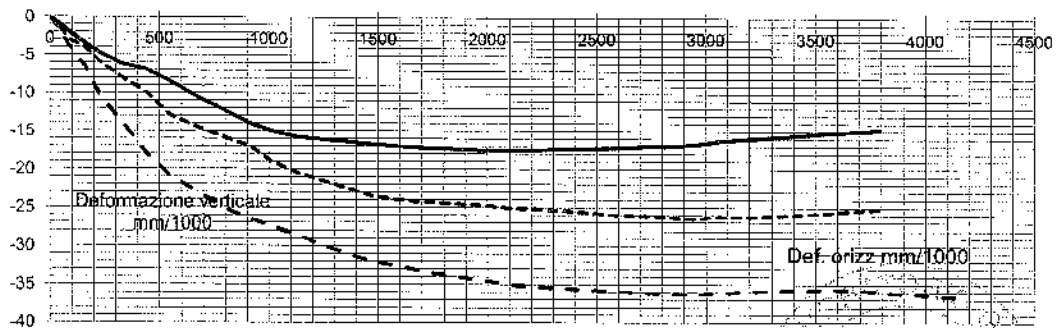
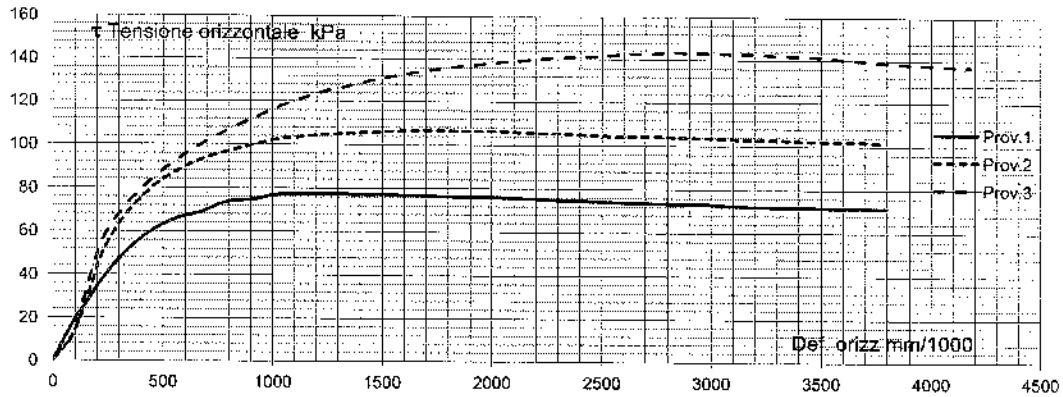
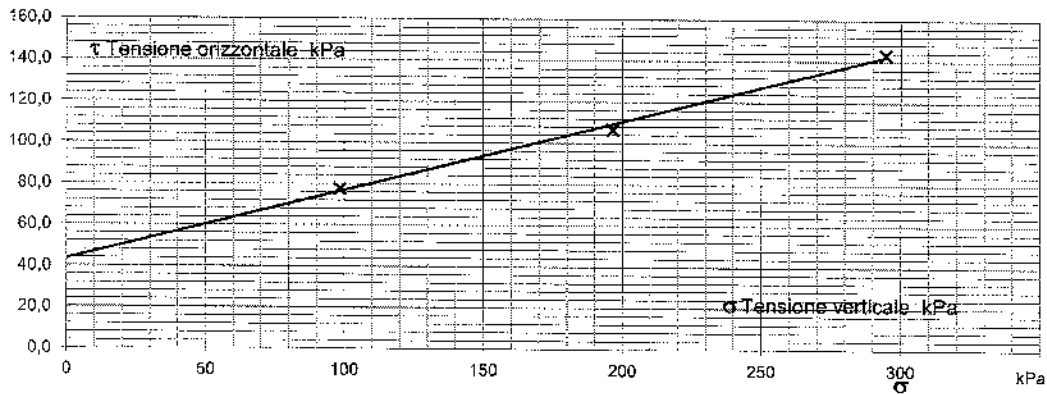
PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)

I valori riportati sono quelli relativi alla regressione lineare dei valori massimi della tensione orizzontale (o di quelli al raggiungimento del 15 % di deformazione) La valutazione dei parametri di resistenza al taglio spetta comunque al Professionista.

PIANO $\tau-\sigma$ $C' = (\text{kPa})$ **43,3**
Regressione Lineare $\phi' = (^\circ)$ **18,5**

Sceita valori manuale SI/NO: NO

| | | | |
|------------------------|-------|-------|-----|
| Sforzo a rottura | 78 | 107 | 143 |
| Deformazione a rottura | 1,832 | 2,541 | 4,2 |

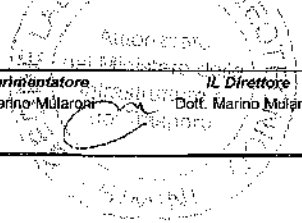


Certificato n. 257/21.5

Data certif. 28.07.2021

Lo Sperimentatore
Dott. Marino Mularoni

Il Direttore
Dott. Marino Mularoni



Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

| | | | |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|-------------|
| COMMITTENTE | COMUNE DI PETRIANO | SONDAGGIO | 1 |
| CANTIERE | | CAMPIONE | 1 |
| LOCALITA' | PETRIANO | PROF. Da m | 3,00 |
| RIF | G21-150 | a m. | 3,50 |
| Data ricevimento Campione | 21.07.2021 | Numero di accettazione | 257/21 |
| Data esecuzione Prova | 26.07.2021 | Procedura operativa | IST 08.11 |

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)

| PROVINI (Inizio Prova) | UM | Simbolo | Provino 1 | Provino 2 | Provino 3 | Medie |
|-------------------------------|--------------------|------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| Condizione provino | / | | indisturbato | indisturbato | ricostituito | |
| Diametro iniziale | mm | ϕ_0 | 67,7 | 67,7 | 67,7 | |
| Altezza iniziale | mm | h_0 | 20 | 20 | 20 | |
| Sezione iniziale | mm ² | A_0 | 3600 | 3600 | 3600 | |
| Volume iniziale | mm ³ | V_0 | 71994 | 71994 | 71994 | |
| Peso di volume iniziale | gr/cm ³ | γ_0 | 2,04 | 2,05 | 2,02 | |
| Contenuto d'acqua iniziale | % | W_i | 23,5 | 23,5 | 24,3 | |
| Peso di volume secco | gr/cm ³ | γ_s | 1,655 | 1,66 | 1,63 | 1,65 |
| Peso specifico dei grani | gr/cm ³ | G | 2,710 | 2,710 | 2,710 | 2,71 |
| Determinato / assunto | | | | | | |
| Indice dei Vuoti | / | e | 0,64 | 0,64 | 0,67 | 0,65 |
| Porosità | % | n | 38,93 | 38,87 | 40,00 | 39,3 |
| Umidità di saturazione | % | Wsat | 23,52 | 23,47 | 24,60 | 23,9 |
| Grado saturazione | % | Sr | 99,80 | 100,12 | 98,73 | 99,5 |
| CONSOLIDAZIONE - PROVA | | | | | | |
| Pressione di cella | KPa | ov | 98 | 196 | 295 | |
| Velocità pressa | mm/min | vel | 0,004 | 0,004 | 0,004 | |

FASE DI ROTTURA

| Critero di rottura (1 =Raggiungimento del picco; 2 = Deform. magg. 15 %) | | | | | | f |
|--|--------|---|--------|--------|--------|---|
| Deformazione a rottura | mm | | 1,24 | 1,72 | 2,84 | |
| Deformazione a rottura | % | | 1,8 | 2,5 | 4,2 | |
| Tempo rottura effettivo | min | | 360 | 480 | 750 | |
| Velocità media a rottura | mm/min | | 0,0034 | 0,0036 | 0,0038 | |
| Tensione di rottura | KPa | c | 78 | 107 | 143 | |

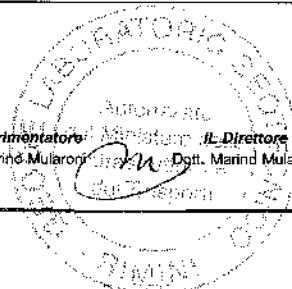
Note: Macchine Utilizzate:
Taglio Casagrande Tecnocest. Prov. 1 TG04; Provino 2 TG05; Provino 3 TG06

Certificato n. 257/21.5

Data certif. 28.07.2021

Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio

Lo Sperimentatore: Il Direttore:
Dott. Mariño Mulroni Dott. Mariño Mulroni





Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

| | | | |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|-------------|
| COMMITTENTE | COMUNE DI PETRIANO | SONDAGGIO | 1 |
| CANTIERE | | CAMPIONE | 1 |
| LOCALITA' | PETRIANO | PROF. Da m | 3,00 |
| RIF. | G21-150 | a m. | 3,50 |
| Data ricevimento Campione | 21.07.2021 | Numero di accettazione | 257/21 |
| Data esecuzione Prova | 26.07.2021 | Procedura operativa | IST 06.11 |

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)

PROVINO 1

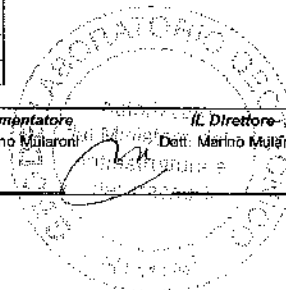
| tempo min | Def. orizz mm | e % | Def. Vert. mm | Sforzo N | Tensione Orizz kPa |
|--------------|------------------|--------|------------------|-------------|-----------------------|
| 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 30,0 | 0,09 | 0 | -0,002 | 64 | 17,78 |
| 60,0 | 0,16 | 0,24 | -0,0035 | 102 | 28,3 |
| 90,0 | 0,23 | 0,34 | -0,0048 | 140 | 38,9 |
| 120 | 0,33 | 0,49 | -0,0062 | 182 | 50,6 |
| 150 | 0,44 | 0,65 | -0,0069 | 215 | 59,7 |
| 180 | 0,55 | 0,81 | -0,0085 | 236 | 65,6 |
| 210 | 0,67 | 0,99 | -0,0105 | 248 | 68,9 |
| 240 | 0,79 | 1,17 | -0,0122 | 265 | 73,6 |
| 270 | 0,91 | 1,34 | -0,014 | 269 | 74,7 |
| 300 | 1,01 | 1,49 | -0,015 | 277 | 77,0 |
| 330 | 1,13 | 1,67 | -0,0158 | 278 | 77,2 |
| 360 | 1,24 | 1,83 | -0,0161 | 279 | 77,5 |
| 390 | 1,36 | 2,01 | -0,0164 | 278 | 77,2 |
| 420 | 1,47 | 2,17 | -0,0167 | 278 | 77,2 |
| 450 | 1,6 | 2,36 | -0,017 | 277 | 77,0 |
| 480 | 1,72 | 2,54 | -0,0172 | 276 | 76,7 |
| 510 | 1,86 | 2,75 | -0,0174 | 274 | 76,1 |
| 540 | 1,97 | 2,91 | -0,0175 | 274 | 76,1 |
| 570 | 2,09 | 3,09 | -0,0175 | 273 | 75,8 |
| 600 | 2,21 | 3,26 | -0,0175 | 271 | 75,3 |
| 630 | 2,34 | 3,46 | -0,0174 | 269 | 74,7 |
| 660 | 2,47 | 3,65 | -0,0174 | 268 | 74,5 |
| 690 | 2,6 | 3,84 | -0,0172 | 266 | 73,9 |
| 720 | 2,72 | 4,02 | -0,017 | 265 | 73,6 |
| 750 | 2,84 | 4,19 | -0,017 | 264 | 73,3 |
| 780 | 2,95 | 4,36 | -0,0167 | 264 | 73,3 |
| 810 | 3,06 | 4,52 | -0,0163 | 262 | 72,8 |
| 840 | 3,18 | 4,70 | -0,016 | 260 | 72,2 |
| 870 | 3,29 | 4,86 | -0,0158 | 259 | 72,0 |
| 900 | 3,43 | 5,07 | -0,0155 | 259 | 72,0 |
| 930 | 3,55 | 5,24 | -0,0152 | 258 | 71,7 |
| 960 | 3,67 | 5,42 | -0,015 | 258 | 71,7 |
| 990 | 3,79 | 5,60 | -0,0148 | 257 | 71,4 |

Certificato n. 257/21.5

Data certif. 28.07.2021

Lo Sperimentatore
Dott. Marino Mularoni

Il Direttore
Dott. Marino Mularoni





Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE **COMUNE DI PETRIANO** SONDAGGIO **1**
CANTIERE **PETRIANO** CAMPIONE **1**
LOCALITA' **G21-150** PROF. Da m **3,00**
RIF. **G21-150** a m. **3,50**

Data ricevimento Campione 21.07.2021 Numero di accettazione 257/21

Data esecuzione Prova 26.07.2021 Procedura operativa IST 06.11

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)

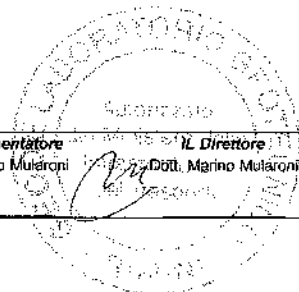
PROVINO 2

| tempo min | Def. orizz. mm | e % | Def. Vert. mm | Sforzo N | Tensione Orizz kPa |
|--------------|-------------------|--------|------------------|-------------|-----------------------|
| 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 30,0 | 0,09 | 0 | -0,003 | 44 | 12,22 |
| 60,0 | 0,16 | 0,24 | -0,004 | 111 | 30,8 |
| 90,0 | 0,23 | 0,34 | -0,006 | 185 | 51,4 |
| 120 | 0,33 | 0,49 | -0,008 | 243 | 67,5 |
| 150 | 0,44 | 0,65 | -0,01 | 285 | 79,2 |
| 180 | 0,55 | 0,81 | -0,013 | 313 | 87,0 |
| 210 | 0,67 | 0,99 | -0,0145 | 334 | 92,8 |
| 240 | 0,79 | 1,17 | -0,0158 | 348 | 96,7 |
| 270 | 0,91 | 1,34 | -0,017 | 359 | 99,7 |
| 300 | 1,01 | 1,49 | -0,019 | 368 | 102,2 |
| 330 | 1,13 | 1,67 | -0,0205 | 373 | 103,6 |
| 360 | 1,24 | 1,83 | -0,0215 | 377 | 104,7 |
| 390 | 1,36 | 2,01 | -0,0225 | 379 | 105,3 |
| 420 | 1,47 | 2,17 | -0,0235 | 381 | 105,8 |
| 450 | 1,6 | 2,36 | -0,024 | 383 | 106,4 |
| 480 | 1,72 | 2,54 | -0,0243 | 384 | 106,7 |
| 510 | 1,86 | 2,75 | -0,0245 | 383 | 106,4 |
| 540 | 1,97 | 2,91 | -0,0247 | 383 | 106,4 |
| 570 | 2,09 | 3,09 | -0,025 | 382 | 106,1 |
| 600 | 2,21 | 3,26 | -0,0252 | 380 | 105,6 |
| 630 | 2,34 | 3,46 | -0,0254 | 379 | 105,3 |
| 660 | 2,47 | 3,65 | -0,0257 | 377 | 104,7 |
| 690 | 2,6 | 3,84 | -0,026 | 375 | 104,2 |
| 720 | 2,72 | 4,02 | -0,0261 | 376 | 104,5 |
| 750 | 2,84 | 4,19 | -0,0263 | 374 | 103,9 |
| 780 | 2,95 | 4,36 | -0,0265 | 373 | 103,6 |
| 810 | 3,06 | 4,52 | -0,0262 | 372 | 103,3 |
| 840 | 3,18 | 4,70 | -0,0263 | 370 | 102,8 |
| 870 | 3,29 | 4,86 | -0,0261 | 370 | 102,8 |
| 900 | 3,43 | 5,07 | -0,0259 | 368 | 102,2 |
| 930 | 3,55 | 5,24 | -0,0257 | 367 | 102,0 |
| 960 | 3,67 | 5,42 | -0,0254 | 367 | 102,0 |
| 990 | 3,79 | 5,60 | -0,0252 | 365 | 101,4 |

Certificato n. 257/21.5

Data certif. 28.07.2021

Lo Sperimentatore **IL Direttore**
Dott. Marino Mularoni **Dott. Marino Mularoni**





LABORATORIO GEOTECNICO
del Dott. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE **COMUNE DI PETRIANO** SONDAGGIO **1**
CANTIERE **PETRIANO** CAMPIONE **1**
LOCALITA' **PETRIANO** PROF. Da m **3,00**
RIF. **G21-150** a m. **3,50**
Data ricevimento Campione 21.07.2021 Numero di accettazione 257/21
Data esecuzione Prova 26.07.2021 Procedura operativa IST 06.11

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)

PROVINO 3

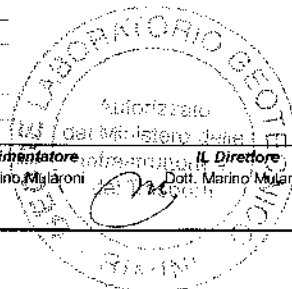
| tempo min | Def. orizz. 1000 | e % | Def. Vert. mm | Sforzo N | Tensione Orizz kPa |
|--------------|---------------------|--------|------------------|-------------|-----------------------|
| 0,0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,0 |
| 30,0 | 0,09 | 0,13 | -0,004 | 43 | 11,9 |
| 60,0 | 0,16 | 0,24 | -0,0065 | 131 | 36,4 |
| 90,0 | 0,23 | 0,34 | -0,0105 | 206 | 57,2 |
| 120 | 0,33 | 0,49 | -0,014 | 259 | 72,0 |
| 150 | 0,44 | 0,65 | -0,018 | 299 | 83,1 |
| 180 | 0,55 | 0,81 | -0,021 | 331 | 92,0 |
| 210 | 0,67 | 0,99 | -0,023 | 359 | 99,7 |
| 240 | 0,79 | 1,17 | -0,025 | 383 | 106,4 |
| 270 | 0,91 | 1,34 | -0,0265 | 403 | 112,0 |
| 300 | 1,01 | 1,49 | -0,0275 | 420 | 116,7 |
| 330 | 1,13 | 1,67 | -0,0285 | 436 | 121,1 |
| 360 | 1,24 | 1,83 | -0,03 | 449 | 124,7 |
| 390 | 1,36 | 2,01 | -0,031 | 459 | 127,5 |
| 420 | 1,47 | 2,17 | -0,032 | 469 | 130,3 |
| 450 | 1,6 | 2,36 | -0,0327 | 478 | 132,8 |
| 480 | 1,72 | 2,54 | -0,0334 | 485 | 134,7 |
| 510 | 1,86 | 2,75 | -0,034 | 492 | 136,7 |
| 540 | 1,97 | 2,91 | -0,0345 | 496 | 137,8 |
| 570 | 2,09 | 3,09 | -0,035 | 500 | 138,9 |
| 600 | 2,21 | 3,26 | -0,0353 | 504 | 140,0 |
| 630 | 2,34 | 3,46 | -0,0355 | 507 | 140,8 |
| 660 | 2,47 | 3,65 | -0,0357 | 509 | 141,4 |
| 690 | 2,6 | 3,84 | -0,0358 | 513 | 142,5 |
| 720 | 2,72 | 4,02 | -0,0361 | 514 | 142,8 |
| 750 | 2,84 | 4,19 | -0,0362 | 516 | 143,3 |
| 780 | 2,95 | 4,36 | -0,0363 | 515 | 143,1 |
| 810 | 3,06 | 4,52 | -0,0361 | 514 | 142,8 |
| 840 | 3,18 | 4,70 | -0,036 | 514 | 142,8 |
| 870 | 3,29 | 4,86 | -0,0358 | 512 | 142,2 |
| 900 | 3,43 | 5,07 | -0,0358 | 510 | 141,7 |
| 930 | 3,55 | 5,24 | -0,0356 | 507 | 140,8 |
| 960 | 3,67 | 5,42 | -0,0357 | 503 | 139,7 |
| 990 | 3,79 | 5,60 | -0,036 | 500 | 138,9 |
| 1020 | 3,91 | 5,76 | -0,0363 | 497 | 138,1 |
| 1050 | 4,05 | 5,98 | -0,0365 | 495 | 137,5 |
| 1080 | 4,18 | 6,17 | -0,0368 | 493 | 137,0 |

Certificato n. 257/21,5

Data certif. 28.07.2021

Lo Sperimentatore **Dott. Marino Mularoni** Il Direttore **Dott. Marino Mularoni**

Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio



| | | |
|---|-------------|-----------------|
| PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI | CPT | 1 |
| | riferimento | 085-2021 |
| | | |

| | | |
|--|--------------------------------|-------------------------------|
| Committente: Comune di Petriano | U.M.: kg/cm² | Data esec.: 21/07/2021 |
| Cantiere: | Pagina: 1 | |
| Località: Petriano, (PU). | Elaborato: | Falda: Non rilevata |

| H m | L1 - | L2 - | Lt - | qc kg/cm ² | fs kg/cm ² | F - | Rf % | H m | L1 - | L2 - | Lt - | qc kg/cm ² | fs kg/cm ² | F - | Rf % |
|-------------|-------------|--------------|---------|--------------------------|--------------------------|-----------|------------|-------------|--------------|--------------|---------|--------------------------|--------------------------|-----------|------------|
| 0,20 | 0,0 | 0,0 | | 0,00 | 0,53 | 0 | | 4,00 | 92,0 | 182,0 | | 92,00 | 5,53 | 17 | 6,0 |
| 0,40 | 32,0 | 40,0 | | 32,00 | 0,73 | 44 | 2,3 | 4,20 | 105,0 | 188,0 | | 105,00 | 4,27 | 25 | 4,1 |
| 0,60 | 48,0 | 59,0 | | 48,00 | 1,60 | 30 | 3,3 | 4,40 | 92,0 | 156,0 | | 92,00 | 4,93 | 19 | 5,4 |
| 0,80 | 96,0 | 120,0 | | 96,00 | 3,47 | 28 | 3,6 | 4,60 | 98,0 | 172,0 | | 98,00 | 5,60 | 18 | 5,7 |
| 1,00 | 83,0 | 135,0 | | 83,00 | 3,67 | 23 | 4,4 | 4,80 | 132,0 | 216,0 | | 132,00 | 4,40 | 30 | 3,3 |
| 1,20 | 89,0 | 144,0 | | 89,00 | 4,33 | 21 | 4,9 | 5,00 | 182,0 | 248,0 | | 182,00 | 6,53 | 28 | 3,6 |
| 1,40 | 84,0 | 149,0 | | 84,00 | 5,07 | 17 | 6,0 | 5,20 | 97,0 | 195,0 | | 97,00 | 2,93 | 33 | 3,0 |
| 1,60 | 78,0 | 154,0 | | 78,00 | 5,27 | 15 | 6,8 | 5,40 | 128,0 | 172,0 | | 128,00 | 4,60 | 28 | 3,6 |
| 1,80 | 81,0 | 160,0 | | 81,00 | 6,07 | 13 | 7,5 | 5,60 | 87,0 | 156,0 | | 87,00 | 4,47 | 19 | 5,1 |
| 2,00 | 83,0 | 174,0 | | 83,00 | 5,47 | 15 | 6,6 | 5,80 | 77,0 | 144,0 | | 77,00 | 0,93 | 83 | 1,2 |
| 2,20 | 80,0 | 162,0 | | 80,00 | 5,13 | 16 | 6,4 | 6,00 | 121,0 | 135,0 | | 121,00 | 2,40 | 50 | 2,0 |
| 2,40 | 78,0 | 155,0 | | 78,00 | 5,80 | 13 | 7,4 | 6,20 | 132,0 | 168,0 | | 132,00 | 5,00 | 26 | 3,8 |
| 2,60 | 77,0 | 164,0 | | 77,00 | 4,73 | 16 | 6,1 | 6,40 | 116,0 | 191,0 | | 116,00 | 4,40 | 26 | 3,8 |
| 2,80 | 71,0 | 142,0 | | 71,00 | 4,60 | 15 | 6,5 | 6,60 | 135,0 | 201,0 | | 135,00 | 4,80 | 28 | 3,6 |
| 3,00 | 61,0 | 130,0 | | 61,00 | 4,27 | 14 | 7,0 | 6,80 | 155,0 | 227,0 | | 155,00 | 10,13 | 15 | 6,5 |
| 3,20 | 65,0 | 129,0 | | 65,00 | 3,80 | 17 | 5,8 | 7,00 | 168,0 | 320,0 | | 168,00 | 2,33 | 72 | 1,4 |
| 3,40 | 55,0 | 112,0 | | 55,00 | 5,67 | 10 | 10,3 | 7,20 | 290,0 | 325,0 | | 290,00 | 6,47 | 45 | 2,2 |
| 3,60 | 93,0 | 178,0 | | 93,00 | 5,60 | 17 | 6,0 | 7,40 | 401,0 | 498,0 | | 401,00 | | | |
| 3,80 | 97,0 | 181,0 | | 97,00 | 6,00 | 16 | 6,2 | | | | | | | | |

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

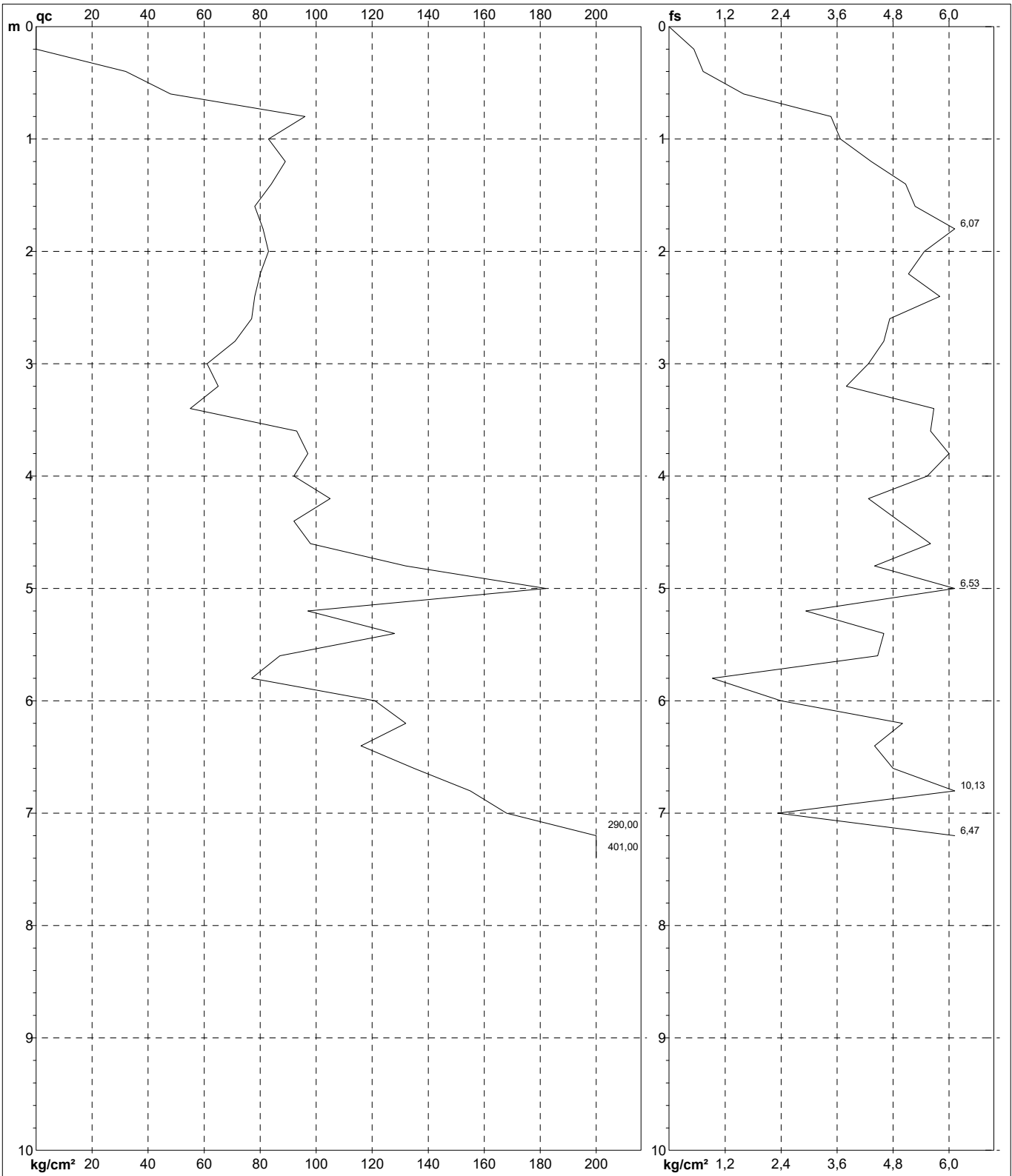
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

| | |
|-------------|-----------------|
| CPT | 1 |
| riferimento | 085-2021 |
| | |

Committente: **Comune di Petriano**
 Cantiere:
 Località: **Petriano, (PU).**

U.M.: **kg/cm²** Data esec.: 21/07/2021
 Scala: 1:50
 Pagina: 1
 Elaborato: Quota inizio:
 Falda: Non rilevata



| | | |
|--|--|---|
| | Penetrometro: TG63-100Stat Responsabile: Assistente: | Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta: |
|--|--|---|

| | | |
|---|-------------|-----------------|
| PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI | CPT | 2 |
| | riferimento | 085-2021 |
| | | |

| | | |
|--|--------------------------------|-------------------------------|
| Committente: Comune di Petriano | U.M.: kg/cm² | Data esec.: 21/07/2021 |
| Cantiere: | Pagina: 1 | |
| Località: Petriano, (PU). | Elaborato: | Falda: Non rilevata |

| H m | L1 - | L2 - | Lt - | qc kg/cm ² | fs kg/cm ² | F - | Rf % | H m | L1 - | L2 - | Lt - | qc kg/cm ² | fs kg/cm ² | F - | Rf % |
|-------------|-------------|--------------|---------|--------------------------|--------------------------|-----------|------------|-------------|--------------|--------------|---------|--------------------------|--------------------------|-----------|------------|
| 0,20 | 0,0 | 0,0 | | 0,00 | 0,87 | 0 | | 4,80 | 101,0 | 170,0 | | 101,00 | 4,33 | 23 | 4,3 |
| 0,40 | 33,0 | 46,0 | | 33,00 | 0,80 | 41 | 2,4 | 5,00 | 94,0 | 159,0 | | 94,00 | 3,33 | 28 | 3,5 |
| 0,60 | 37,0 | 49,0 | | 37,00 | 1,53 | 24 | 4,1 | 5,20 | 118,0 | 168,0 | | 118,00 | 4,27 | 28 | 3,6 |
| 0,80 | 49,0 | 72,0 | | 49,00 | 1,07 | 46 | 2,2 | 5,40 | 107,0 | 171,0 | | 107,00 | 5,40 | 20 | 5,0 |
| 1,00 | 36,0 | 52,0 | | 36,00 | 1,40 | 26 | 3,9 | 5,60 | 103,0 | 184,0 | | 103,00 | 5,53 | 19 | 5,4 |
| 1,20 | 28,0 | 49,0 | | 28,00 | 1,27 | 22 | 4,5 | 5,80 | 126,0 | 209,0 | | 126,00 | 5,93 | 21 | 4,7 |
| 1,40 | 29,0 | 48,0 | | 29,00 | 8,47 | 3 | 29,2 | 6,00 | 144,0 | 233,0 | | 144,00 | 6,80 | 21 | 4,7 |
| 1,60 | 144,0 | 271,0 | | 144,00 | 3,20 | 45 | 2,2 | 6,20 | 124,0 | 226,0 | | 124,00 | 6,07 | 20 | 4,9 |
| 1,80 | 82,0 | 130,0 | | 82,00 | 3,60 | 23 | 4,4 | 6,40 | 123,0 | 214,0 | | 123,00 | 5,13 | 24 | 4,2 |
| 2,00 | 45,0 | 99,0 | | 45,00 | 2,33 | 19 | 5,2 | 6,60 | 125,0 | 202,0 | | 125,00 | 5,47 | 23 | 4,4 |
| 2,20 | 43,0 | 78,0 | | 43,00 | 1,93 | 22 | 4,5 | 6,80 | 149,0 | 231,0 | | 149,00 | 4,20 | 35 | 2,8 |
| 2,40 | 92,0 | 121,0 | | 92,00 | 4,87 | 19 | 5,3 | 7,00 | 127,0 | 190,0 | | 127,00 | 3,93 | 32 | 3,1 |
| 2,60 | 89,0 | 162,0 | | 89,00 | 5,27 | 17 | 5,9 | 7,20 | 86,0 | 145,0 | | 86,00 | 3,20 | 27 | 3,7 |
| 2,80 | 81,0 | 160,0 | | 81,00 | 4,47 | 18 | 5,5 | 7,40 | 71,0 | 119,0 | | 71,00 | 3,33 | 21 | 4,7 |
| 3,00 | 89,0 | 156,0 | | 89,00 | 3,47 | 26 | 3,9 | 7,60 | 52,0 | 102,0 | | 52,00 | 4,07 | 13 | 7,8 |
| 3,20 | 110,0 | 162,0 | | 110,00 | 3,87 | 28 | 3,5 | 7,80 | 55,0 | 116,0 | | 55,00 | 4,73 | 12 | 8,6 |
| 3,40 | 154,0 | 212,0 | | 154,00 | 5,53 | 28 | 3,6 | 8,00 | 159,0 | 230,0 | | 159,00 | 4,60 | 35 | 2,9 |
| 3,60 | 121,0 | 204,0 | | 121,00 | 3,47 | 35 | 2,9 | 8,20 | 198,0 | 267,0 | | 198,00 | 5,60 | 35 | 2,8 |
| 3,80 | 96,0 | 148,0 | | 96,00 | 3,67 | 26 | 3,8 | 8,40 | 224,0 | 308,0 | | 224,00 | 6,53 | 34 | 2,9 |
| 4,00 | 87,0 | 142,0 | | 87,00 | 3,33 | 26 | 3,8 | 8,60 | 212,0 | 310,0 | | 212,00 | 7,80 | 27 | 3,7 |
| 4,20 | 72,0 | 122,0 | | 72,00 | 3,07 | 23 | 4,3 | 8,80 | 220,0 | 337,0 | | 220,00 | 6,27 | 35 | 2,9 |
| 4,40 | 116,0 | 162,0 | | 116,00 | 3,47 | 33 | 3,0 | 9,00 | 304,0 | 398,0 | | 304,00 | | | |
| 4,60 | 119,0 | 171,0 | | 119,00 | 4,60 | 26 | 3,9 | | | | | | | | |

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

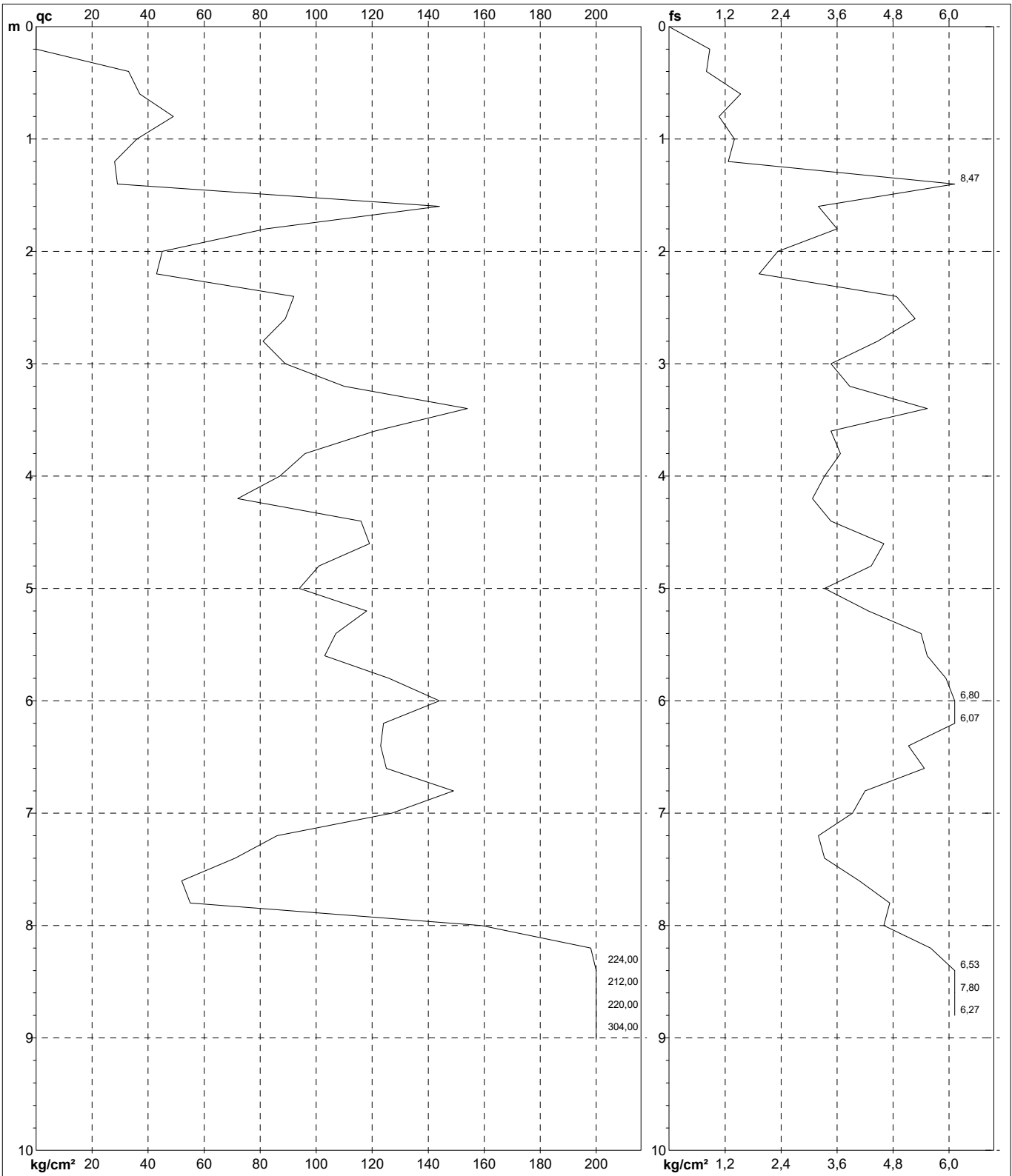
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

| | |
|-------------|-----------------|
| CPT | 2 |
| riferimento | 085-2021 |
| | |

Committente: **Comune di Petriano**
 Cantiere:
 Località: **Petriano, (PU).**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 21/07/2021
 Scala: 1:50
 Pagina: 1
 Elaborato:
 Quota inizio:
 Falda: Non rilevata



| | | |
|--|--|---|
| | Penetrometro: TG63-100Stat Responsabile: Assistente: | Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta: |
|--|--|---|

| | | |
|---|-------------|-----------------|
| PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI | CPT | 3 |
| | riferimento | 085-2021 |
| | | |

| | | |
|--|--------------------------------|-------------------------------|
| Committente: Comune di Petriano | U.M.: kg/cm² | Data esec.: 21/07/2021 |
| Cantiere: | Pagina: 1 | Falda: Non rilevata |
| Località: Petriano, (PU). | Elaborato: | |

| H m | L1 - | L2 - | Lt - | qc kg/cm ² | fs kg/cm ² | F - | Rf % | H m | L1 - | L2 - | Lt - | qc kg/cm ² | fs kg/cm ² | F - | Rf % |
|-------------|-------------|-------------|---------|--------------------------|--------------------------|-----------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------|--------------------------|--------------------------|-----------|------------|
| 0,20 | 0,0 | 0,0 | | 0,00 | 0,93 | 0 | | 5,20 | 58,0 | 107,0 | | 58,00 | 1,67 | 35 | 2,9 |
| 0,40 | 26,0 | 40,0 | | 26,00 | 0,53 | 49 | 2,0 | 5,40 | 97,0 | 122,0 | | 97,00 | 1,87 | 52 | 1,9 |
| 0,60 | 57,0 | 65,0 | | 57,00 | 1,00 | 57 | 1,8 | 5,60 | 65,0 | 93,0 | | 65,00 | 2,53 | 26 | 3,9 |
| 0,80 | 50,0 | 65,0 | | 50,00 | 1,93 | 26 | 3,9 | 5,80 | 71,0 | 109,0 | | 71,00 | 3,27 | 22 | 4,6 |
| 1,00 | 42,0 | 71,0 | | 42,00 | 1,60 | 26 | 3,8 | 6,00 | 74,0 | 123,0 | | 74,00 | 1,20 | 62 | 1,6 |
| 1,20 | 38,0 | 62,0 | | 38,00 | 2,53 | 15 | 6,7 | 6,20 | 88,0 | 106,0 | | 88,00 | 2,60 | 34 | 3,0 |
| 1,40 | 31,0 | 69,0 | | 31,00 | 0,40 | 78 | 1,3 | 6,40 | 76,0 | 115,0 | | 76,00 | 3,13 | 24 | 4,1 |
| 1,60 | 38,0 | 44,0 | | 38,00 | 2,40 | 16 | 6,3 | 6,60 | 88,0 | 135,0 | | 88,00 | 2,87 | 31 | 3,3 |
| 1,80 | 24,0 | 60,0 | | 24,00 | 2,00 | 12 | 8,3 | 6,80 | 93,0 | 136,0 | | 93,00 | 3,47 | 27 | 3,7 |
| 2,00 | 25,0 | 55,0 | | 25,00 | 1,73 | 14 | 6,9 | 7,00 | 82,0 | 134,0 | | 82,00 | 2,60 | 32 | 3,2 |
| 2,20 | 26,0 | 52,0 | | 26,00 | 2,27 | 11 | 8,7 | 7,20 | 77,0 | 116,0 | | 77,00 | 2,20 | 35 | 2,9 |
| 2,40 | 31,0 | 65,0 | | 31,00 | 1,60 | 19 | 5,2 | 7,40 | 137,0 | 170,0 | | 137,00 | 3,47 | 39 | 2,5 |
| 2,60 | 32,0 | 56,0 | | 32,00 | 1,87 | 17 | 5,8 | 7,60 | 113,0 | 165,0 | | 113,00 | 2,47 | 46 | 2,2 |
| 2,80 | 30,0 | 58,0 | | 30,00 | 2,20 | 14 | 7,3 | 7,80 | 120,0 | 157,0 | | 120,00 | 4,93 | 24 | 4,1 |
| 3,00 | 29,0 | 62,0 | | 29,00 | 2,07 | 14 | 7,1 | 8,00 | 76,0 | 150,0 | | 76,00 | 3,87 | 20 | 5,1 |
| 3,20 | 27,0 | 58,0 | | 27,00 | 2,00 | 14 | 7,4 | 8,20 | 95,0 | 153,0 | | 95,00 | 2,53 | 38 | 2,7 |
| 3,40 | 26,0 | 56,0 | | 26,00 | 1,80 | 14 | 6,9 | 8,40 | 86,0 | 124,0 | | 86,00 | 3,33 | 26 | 3,9 |
| 3,60 | 28,0 | 55,0 | | 28,00 | 1,67 | 17 | 6,0 | 8,60 | 170,0 | 220,0 | | 170,00 | 4,60 | 37 | 2,7 |
| 3,80 | 24,0 | 49,0 | | 24,00 | 1,40 | 17 | 5,8 | 8,80 | 89,0 | 158,0 | | 89,00 | 3,80 | 23 | 4,3 |
| 4,00 | 21,0 | 42,0 | | 21,00 | 1,13 | 19 | 5,4 | 9,00 | 128,0 | 185,0 | | 128,00 | 3,93 | 33 | 3,1 |
| 4,20 | 17,0 | 34,0 | | 17,00 | 1,20 | 14 | 7,1 | 9,20 | 181,0 | 240,0 | | 181,00 | 7,60 | 24 | 4,2 |
| 4,40 | 27,0 | 45,0 | | 27,00 | 1,47 | 18 | 5,4 | 9,40 | 188,0 | 302,0 | | 188,00 | 4,33 | 43 | 2,3 |
| 4,60 | 25,0 | 47,0 | | 25,00 | 1,67 | 15 | 6,7 | 9,60 | 195,0 | 260,0 | | 195,00 | 9,53 | 20 | 4,9 |
| 4,80 | 27,0 | 52,0 | | 27,00 | 1,80 | 15 | 6,7 | 9,80 | 142,0 | 285,0 | | 142,00 | 6,40 | 22 | 4,5 |
| 5,00 | 32,0 | 59,0 | | 32,00 | 3,27 | 10 | 10,2 | 10,00 | 251,0 | 347,0 | | 251,00 | | | |

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

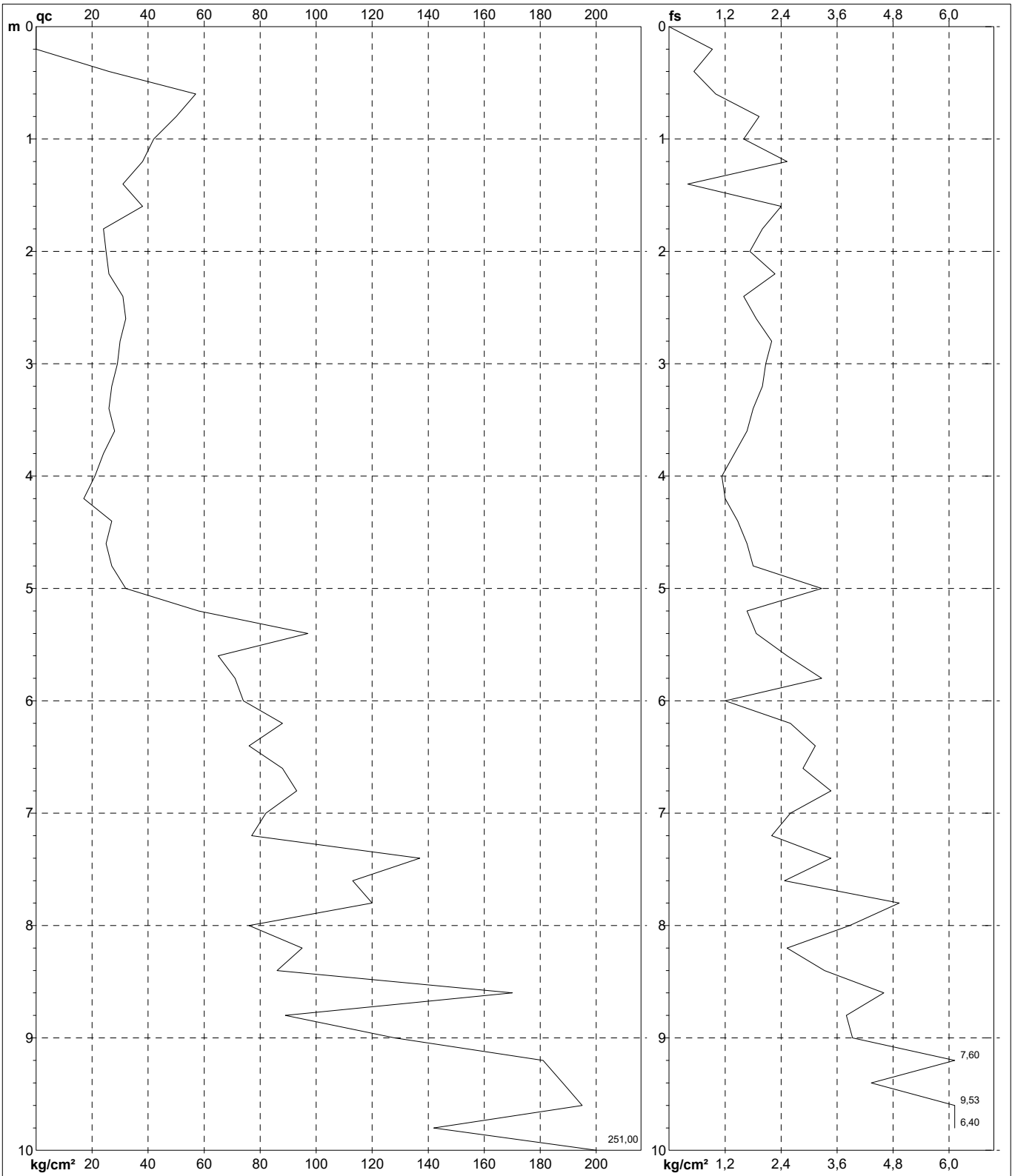
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

| | |
|-------------|-----------------|
| CPT | 3 |
| riferimento | 085-2021 |
| | |

Committente: **Comune di Petriano**
 Cantiere:
 Località: **Petriano, (PU).**

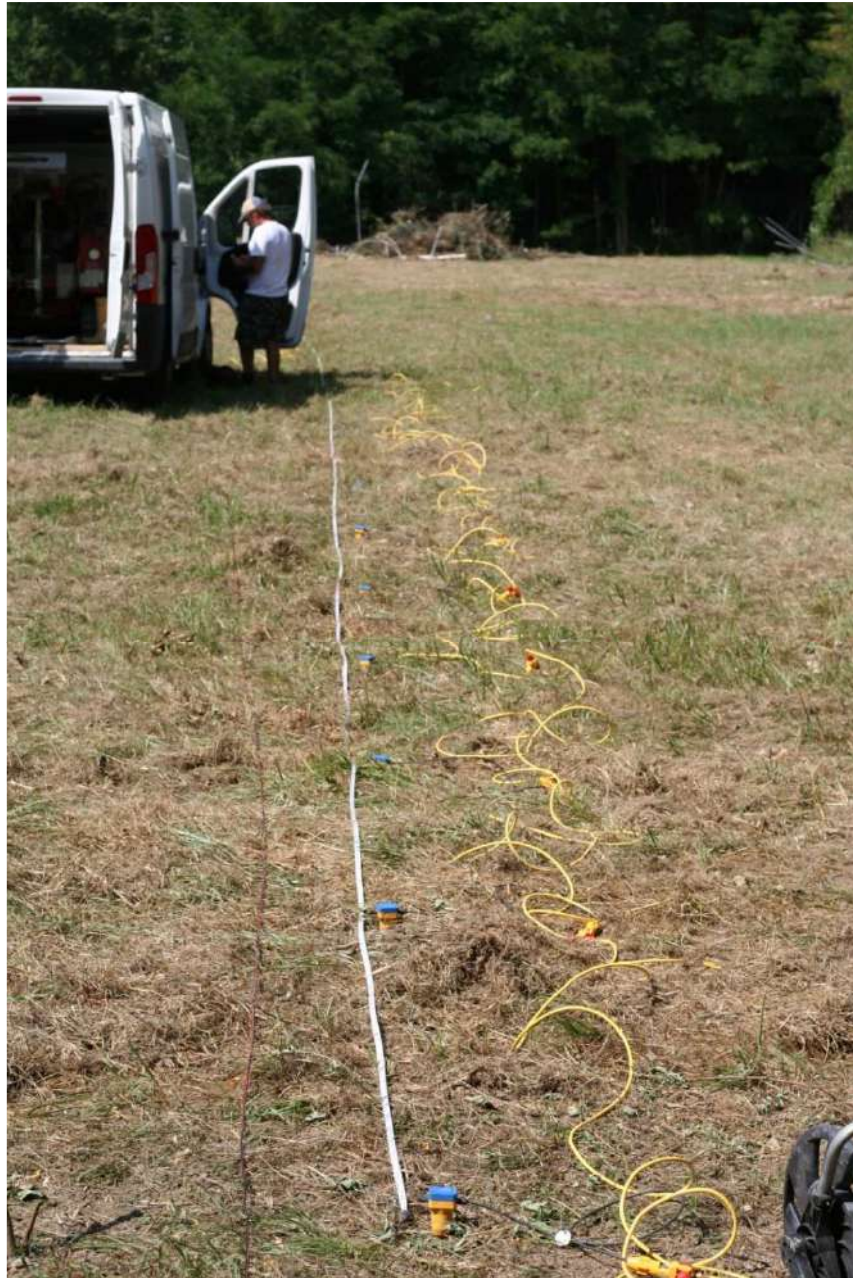
U.M.: **kg/cm²** Data esec.: **21/07/2021**
 Scala: **1:50**
 Pagina: **1** Quota inizio:
 Elaborato: Falda: **Non rilevata**



| | | |
|--|---|---|
| | Penetrometro: TG63-100Stat Responsabile: Assistente: | Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta: |
|--|---|---|

PROVINCIA DI PESARO-URBINO COMUNE DI PETRIANO

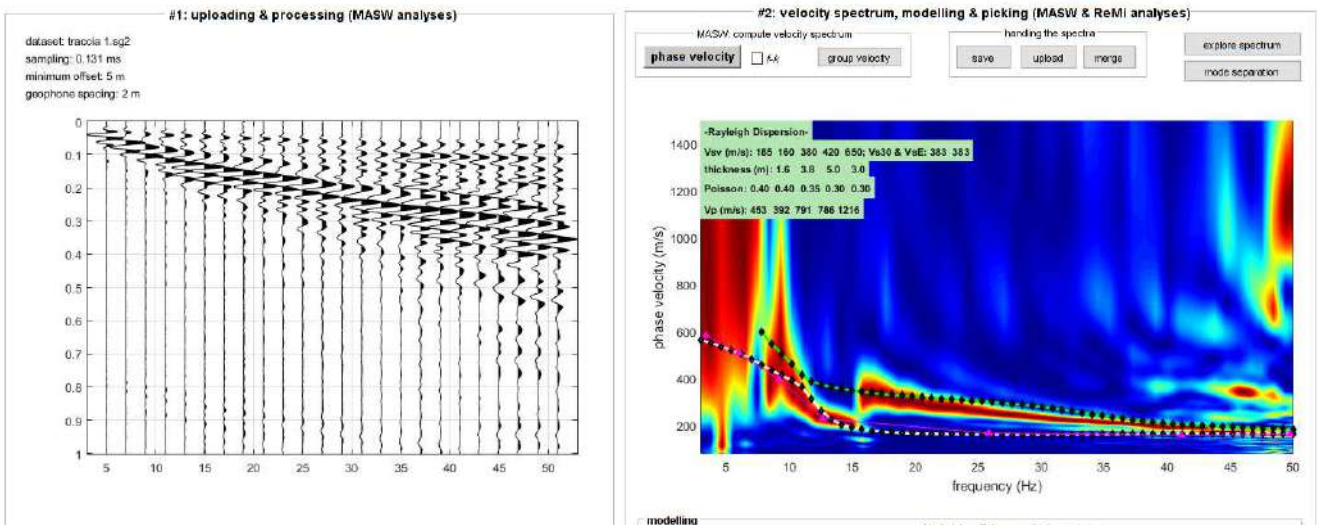
**“STUDIO TRAMITE MASW PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI
UN TERRENO SITO EX CAMPO CALCIO IN LOC. PETRIANO”**



**RELAZIONE GEOFISICA
LUGLIO 2021**

PREMESSA

L'indagine è avvenuta con lo scopo di avere informazioni, nota la stratigrafia, sulle caratteristiche di propagazione delle onde sismiche Vs nel terreno oggetto di intervento.



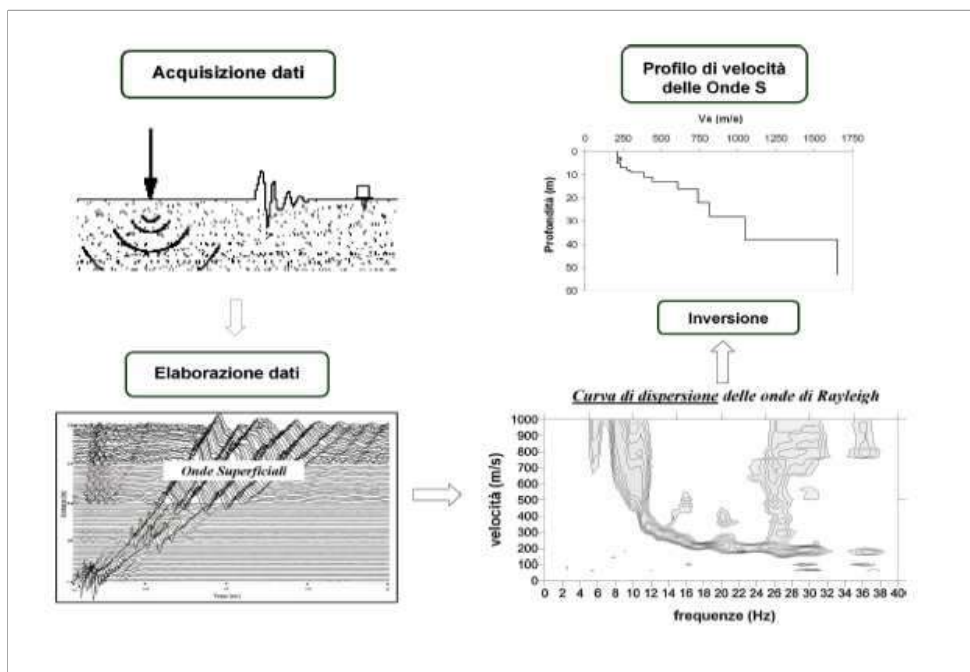
SEGNALE NEL DOMINIO DEI TEMPI E DELLE FREQUENZE

ANALISI SVOLTA CON LE ONDE SUPERFICIALI – MASW

CENNI TEORICI

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S. Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su un artificiale energizzazione sismica del suolo e sull' analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al.,1999).

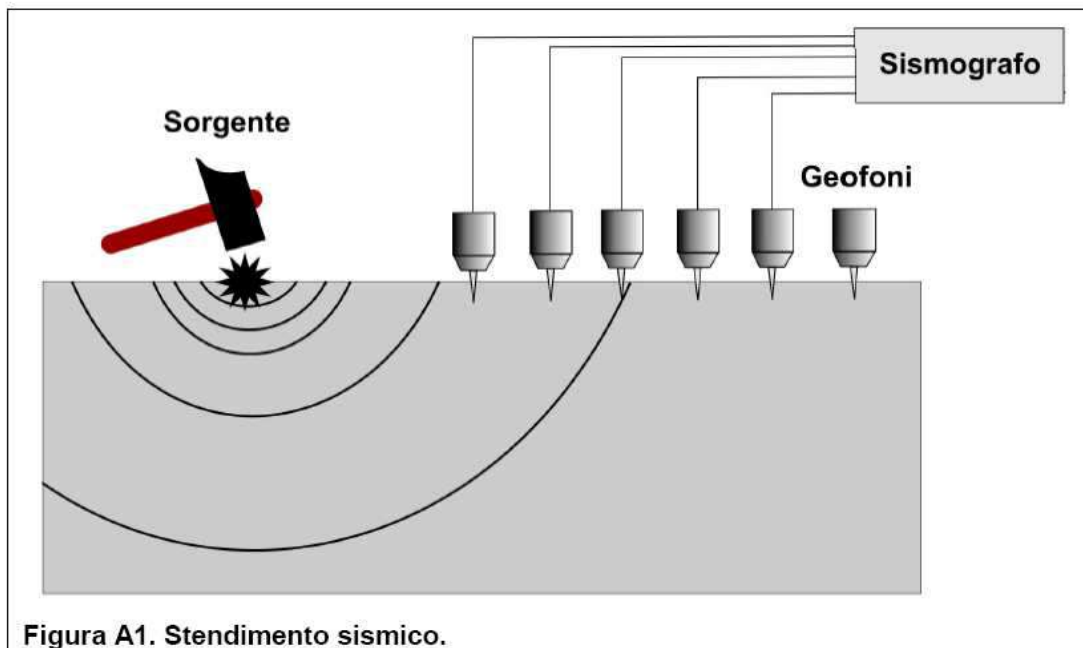


La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità). Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di second'ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh. Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S. Pertanto, utilizzando appositi formalismi (inversione) è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curve di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S – profondità".

STRUMENTAZIONE USATA

- Sismografo Ambrogeo Echo 2010 seismic unit
- Numero dei canali 24
- A/D conversione 16 bit
- Geofoni verticali da 4.5 hz



SISTEMI DI ENERGIZZAZIONE

- energizzazione per rilievo masw
Massa battente (mazza da 8 kg)

MODALITA' OPERATIVA

Si sono disposti i geofoni sul terreno quindi si è energizzato tramite mazza da 8 kg.

Si sono effettuate registrazioni di 1 sec.

Si sono disposti 24 geofoni da 4,5 hz alla distanza di 2.0 metri, ottenendo così una traccia lunga 46.0 metri. Eseguendo varie battute a - 2 metri dal primo geofono per ottenere più tracce per meglio analizzare le onde superficiali.

RISULTATI OTTENUTI**MODELLO MEDIO**

| | | | | | |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Vs (m/s): | 177 | 158 | 384 | 659 | 798 |
| Spessore (m) = | 1.5 | 4.3 | 7.4 | 4.1 | |

curva di dispersione (frequenza - velocità di fase onde di Rayleigh)

modo: 0 (modo fondamentale)

modello migliore

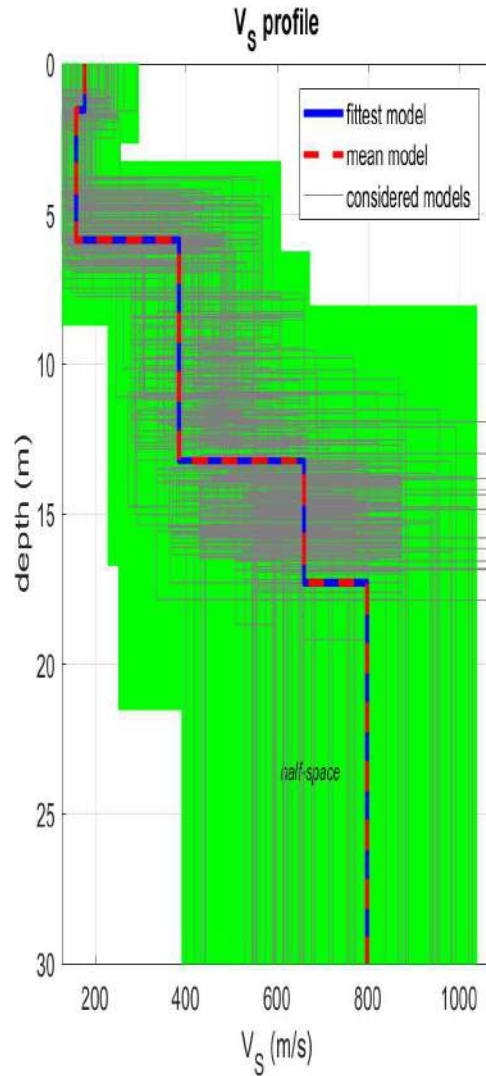
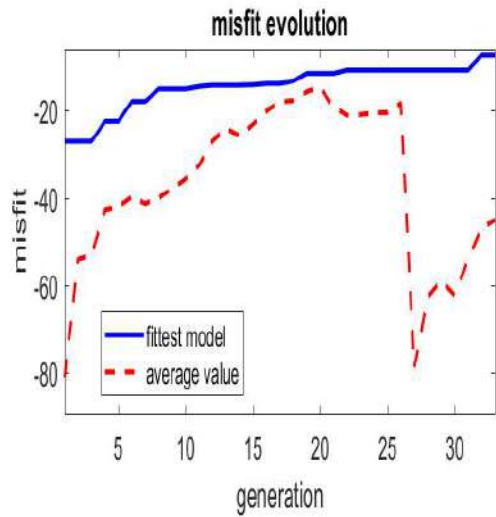
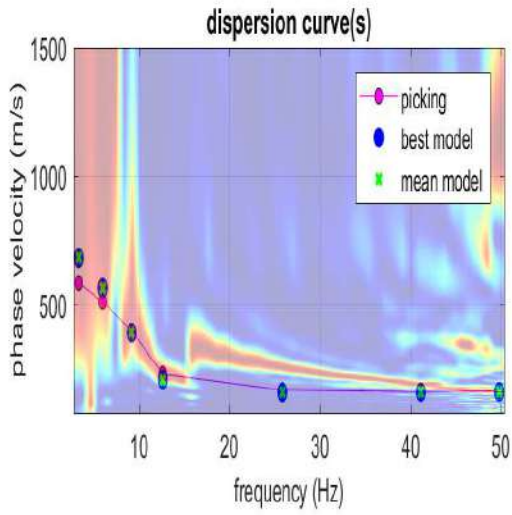
Mean model

| f(Hz) | VR(m/s) |
|---------|----------|
| 3.36031 | 680.589 |
| 6.00256 | 564.0562 |
| 9.20528 | 390.1245 |
| 12.6482 | 208.6204 |
| 25.8595 | 157.0622 |
| 41.1525 | 158.6692 |
| 49.7998 | 159.9789 |

Vs eq risulta di : 387 ($\pm 20\%$) m/sec. B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

NOVAFELTRIA, 23/07/2021

Soil Investigation s.n.c.
Dott. Marco Rossi, Dott. Stefano Biordi



dataset: traccia 1.sg2

dispersion curve: Mariani Petriano 2.cdp

Vs30 & VsE (best model): 387 387 m/s

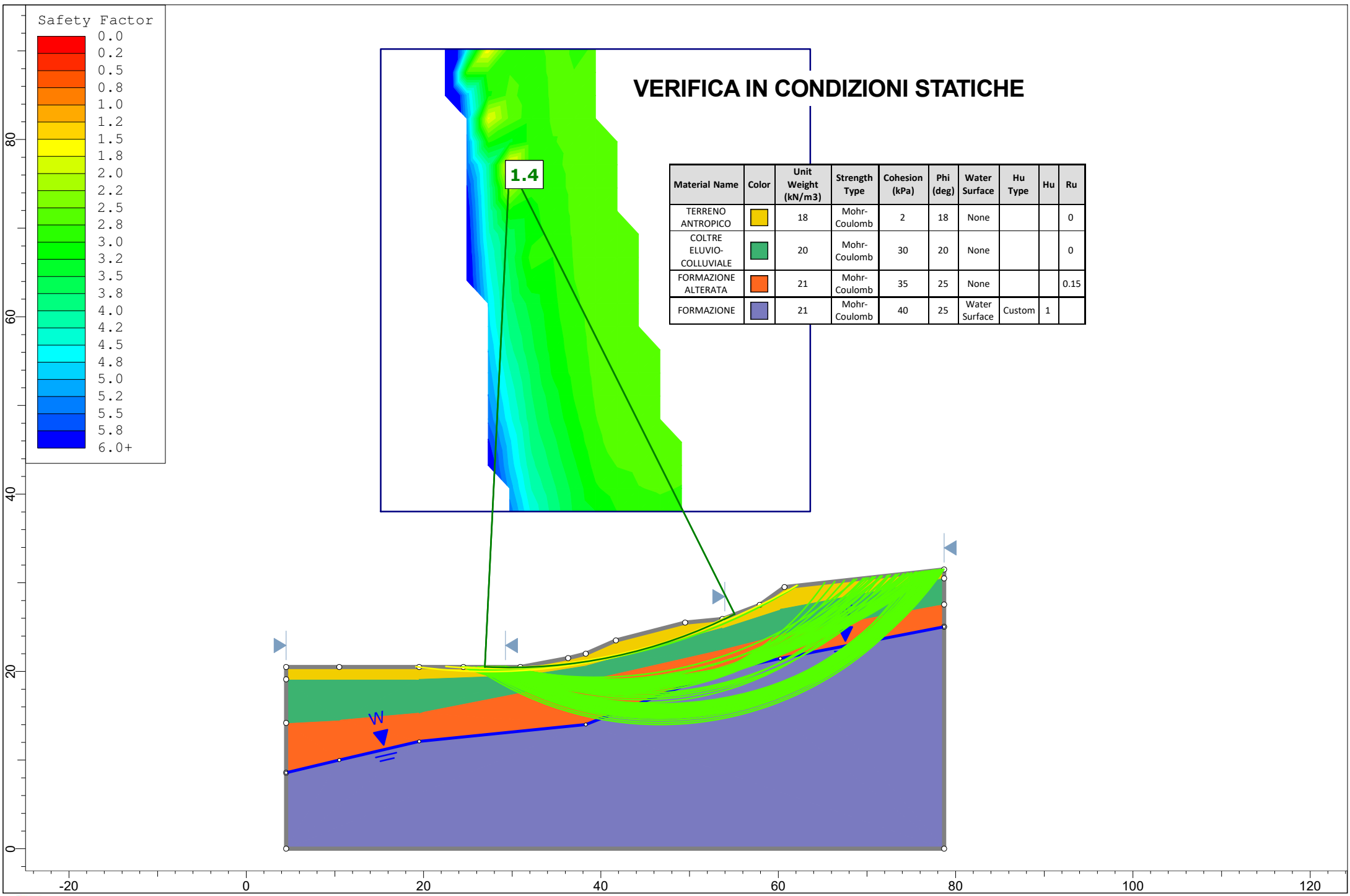
Vs30 & VsE (mean model): 387 387 m/s

RISULTATI MASW

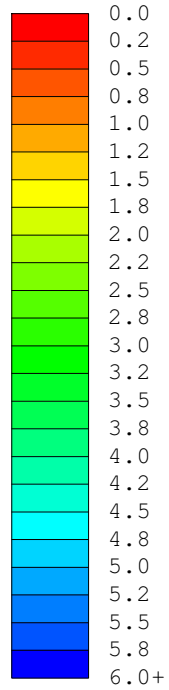
ALLEGATO 3

VERIFICHE DI STABILITA'

TABULATI VERIFICHE DI STABILITA'



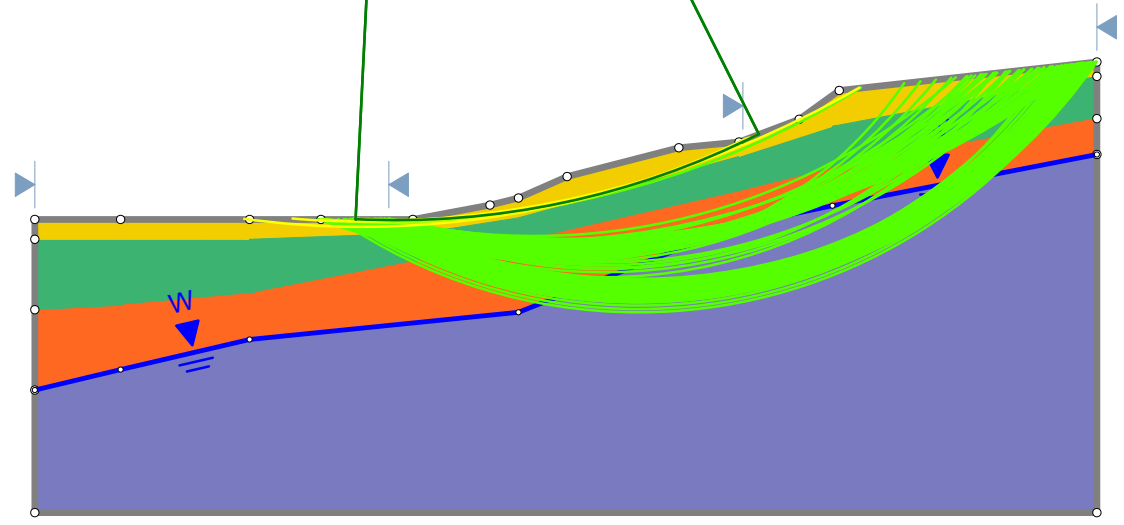
Safety Factor



VERIFICA IN CONDIZIONI STATICHE

1.4

| Material Name | Color | Unit Weight (kN/m ³) | Strength Type | Cohesion (kPa) | Phi (deg) | Water Surface | Hu Type | Hu | Ru |
|--------------------------|--------|----------------------------------|---------------|----------------|-----------|---------------|---------|----|------|
| TERRENO ANTROPICO | Yellow | 18 | Mohr-Coulomb | 2 | 18 | None | | | 0 |
| COLTRE ELUVIO-COLLUVIALE | Green | 20 | Mohr-Coulomb | 30 | 20 | None | | | 0 |
| FORMAZIONE ALTERATA | Orange | 21 | Mohr-Coulomb | 35 | 25 | None | | | 0.15 |
| FORMAZIONE | Purple | 21 | Mohr-Coulomb | 40 | 25 | Water Surface | Custom | 1 | |



Slide Analysis Information

CONDIZIONI STATICHE

Project Summary

| | |
|------------------------|--|
| File Name: | CONDIZIONI STATICHE.slmd |
| Slide Modeler Version: | 9.018 |
| Compute Time: | 00h:00m:00.261s |
| Project Title: | SLIDE - An Interactive Slope Stability Program |
| Date Created: | 10/08/2021, 10:26:41 |

General Settings

Units of Measurement:

Time Units:

Permeability Units:

Data Output:

Failure Direction:

Metric Units

days

meters/second

Standard

Right to Left

Design Standard

| | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| Selected Type: | Eurocode 7 (User Defined) |
| Name: | DM2018 - Combinazione 2 A2+M2+R2 |
| Type | Partial Factor |
| Permanent Actions: Unfavourable | 1 |
| Permanent Actions: Favourable | 1 |
| Variable Actions: Unfavourable | 1.3 |
| Variable Actions: Favourable | 0 |
| Effective cohesion | 1.25 |
| Coefficient of shearing resistance | 1.25 |
| Undrained strength | 1.4 |
| Weight density | 1 |
| Shear strength (other models) | 1.25 |
| Earth resistance | 1 |
| Tensile and plate strength | 1.1 |
| Shear strength | 1.1 |
| Compressive strength | 1.1 |
| Bond strength | 1.1 |
| Seismic Coefficient | 1 |

Analysis Options

| | |
|--|---|
| Slices Type: | Vertical |
| | Analysis Methods Used |
| | GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine) |
| Number of slices: | 50 |
| Tolerance: | 0.005 |
| Maximum number of iterations: | 75 |
| Check malpha < 0.2: | Yes |
| Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos: | Yes |
| Initial trial value of FS: | 1 |
| Steffensen Iteration: | Yes |

Groundwater Analysis

| | |
|--|----------------|
| Groundwater Method: | Water Surfaces |
| Pore Fluid Unit Weight [kN/m ³]: | 9.81 |
| Use negative pore pressure cutoff: | Yes |
| Maximum negative pore pressure [kPa]: | 0 |
| Advanced Groundwater Method: | None |

Random Numbers

Pseudo-random Seed:

10116

Random Number Generation Method:

Park and Miller v.3

Surface Options

| | |
|---------------------|------------------|
| Surface Type: | Circular |
| Search Method: | Grid Search |
| Radius Increment: | 10 |
| Composite Surfaces: | Disabled |
| Reverse Curvature: | Invalid Surfaces |
| Minimum Elevation: | Not Defined |
| Minimum Depth: | Not Defined |
| Minimum Area: | Not Defined |
| Minimum Weight: | Not Defined |

Seismic Loading

| | |
|-------------------------------|----|
| Advanced seismic analysis: | No |
| Staged pseudostatic analysis: | No |

Materials

TERRENO ANTROPICO

| | |
|----------------------------------|---|
| Color |  |
| Strength Type | Mohr-Coulomb |
| Unit Weight [kN/m ³] | 18 |
| Cohesion [kPa] | 2 |
| Friction Angle [deg] | 18 |
| Water Surface | None |
| Ru Value | 0 |

COLTRE ELUVIO-COLLUVIALE

| | |
|----------------------------------|---|
| Color |  |
| Strength Type | Mohr-Coulomb |
| Unit Weight [kN/m ³] | 20 |
| Cohesion [kPa] | 30 |
| Friction Angle [deg] | 20 |
| Water Surface | None |
| Ru Value | 0 |

FORMAZIONE ALTERATA

| | |
|----------------------------------|---|
| Color |  |
| Strength Type | Mohr-Coulomb |
| Unit Weight [kN/m ³] | 21 |
| Cohesion [kPa] | 35 |
| Friction Angle [deg] | 25 |
| Water Surface | None |
| Ru Value | 0.15 |

FORMAZIONE

| | |
|----------------------------------|---|
| Color |  |
| Strength Type | Mohr-Coulomb |
| Unit Weight [kN/m ³] | 21 |
| Cohesion [kPa] | 40 |
| Friction Angle [deg] | 25 |
| Water Surface | Water Table |
| Hu Value | 1 |

Global Minimums

Method: gle/morgenstern-price

| | FS | 1.424780 |
|------------------------------|-----------|------------------------|
| Center: | | 29.707, 77.140 |
| Radius: | | 56.709 |
| Left Slip Surface Endpoint: | | 26.907, 20.500 |
| Right Slip Surface Endpoint: | | 55.099, 26.433 |
| Resisting Moment: | | 9370.77 kN-m |
| Driving Moment: | | 6577.01 kN-m |
| Resisting Horizontal Force: | | 159.778 kN |
| Driving Horizontal Force: | | 112.142 kN |
| Total Slice Area: | | 26.0149 m ² |
| Surface Horizontal Width: | | 28.1926 m |
| Surface Average Height: | | 0.922756 m |

Global Minimum Support Data

No Supports Present

Slice Data

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.42478

| Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Angle of Slice Base [deg] | Base Material | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [deg] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Pore Pressure [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] | Base Vertical Stress [kPa] | Effective Vertical Stress [kPa] |
|--------------|-----------|-------------|---------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1 | 0.563852 | 0.12722 | -2.54576 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.17641 | 1.67613 | 0.292866 | 0 | 0.292866 | 0.240561 | 0.240561 |
| 2 | 0.563852 | 0.353141 | -1.97563 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.25369 | 1.78623 | 0.716462 | 0 | 0.716462 | 0.673216 | 0.673216 |
| 3 | 0.563852 | 0.522058 | -1.40569 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.31251 | 1.87003 | 1.03884 | 0 | 1.03884 | 1.00663 | 1.00663 |
| 4 | 0.563852 | 0.63402 | -0.835887 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.35267 | 1.92726 | 1.25901 | 0 | 1.25901 | 1.23927 | 1.23927 |
| 5 | 0.563852 | 0.68906 | -0.26617 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.37405 | 1.95772 | 1.37617 | 0 | 1.37617 | 1.36979 | 1.36979 |
| 6 | 0.563852 | 0.687194 | 0.303521 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.37652 | 1.96124 | 1.38971 | 0 | 1.38971 | 1.39701 | 1.39701 |
| 7 | 0.563852 | 0.628423 | 0.873243 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.36001 | 1.93772 | 1.29923 | 0 | 1.29923 | 1.31996 | 1.31996 |
| 8 | 0.563852 | 0.959142 | 1.44305 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.47047 | 2.0951 | 1.9047 | 0 | 1.9047 | 1.94174 | 1.94174 |
| 9 | 0.563852 | 1.84268 | 2.013 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.76099 | 2.50903 | 3.49713 | 0 | 3.49713 | 3.55902 | 3.55902 |
| 10 | 0.563852 | 2.67278 | 2.58315 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 2.03316 | 2.89681 | 4.98897 | 0 | 4.98897 | 5.08069 | 5.08069 |
| 11 | 0.563852 | 3.44581 | 3.15356 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 2.28548 | 3.25631 | 6.37201 | 0 | 6.37201 | 6.49793 | 6.49793 |
| 12 | 0.563852 | 4.16167 | 3.72428 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 2.51767 | 3.58713 | 7.64468 | 0 | 7.64468 | 7.80856 | 7.80856 |
| 13 | 0.563852 | 4.82026 | 4.29536 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 2.7295 | 3.88894 | 8.80579 | 0 | 8.80579 | 9.0108 | 9.0108 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|---------|---------|------------------------------|-----|---------|---------|---------|---------|---|---------|---------|---------|
| 14 | 0.563852 | 5.42147 | 4.86688 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 2.92081 | 4.16151 | 9.8544 | 0 | 9.8544 | 10.1031 | 10.1031 |
| 15 | 0.563852 | 5.96516 | 5.43888 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 3.09149 | 4.40469 | 10.79 | 0 | 10.79 | 11.0843 | 11.0843 |
| 16 | 0.563852 | 6.45117 | 6.01143 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 3.2415 | 4.61842 | 11.6122 | 0 | 11.6122 | 11.9535 | 11.9535 |
| 17 | 0.563852 | 6.90087 | 6.58458 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 3.37774 | 4.81254 | 12.359 | 0 | 12.359 | 12.7489 | 12.7489 |
| 18 | 0.563852 | 7.56133 | 7.1584 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 3.57923 | 5.09961 | 13.4634 | 0 | 13.4634 | 13.9129 | 13.9129 |
| 19 | 0.563852 | 8.2441 | 7.73293 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 3.78527 | 5.39317 | 14.5927 | 0 | 14.5927 | 15.1067 | 15.1067 |
| 20 | 0.563852 | 8.86839 | 8.30825 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 3.97012 | 5.65655 | 15.606 | 0 | 15.606 | 16.1857 | 16.1857 |
| 21 | 0.563852 | 9.77868 | 8.88442 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 4.24291 | 6.04522 | 17.1012 | 0 | 17.1012 | 17.7645 | 17.7645 |
| 22 | 0.563852 | 11.356 | 9.46149 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 4.72272 | 6.72884 | 19.7312 | 0 | 19.7312 | 20.5182 | 20.5182 |
| 23 | 0.563852 | 12.8973 | 10.0395 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 5.18661 | 7.38978 | 22.2739 | 0 | 22.2739 | 23.1922 | 23.1922 |
| 24 | 0.563852 | 14.3791 | 10.6186 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 5.62745 | 8.01788 | 24.6902 | 0 | 24.6902 | 25.7453 | 25.7453 |
| 25 | 0.563852 | 15.8008 | 11.1988 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.04553 | 8.61355 | 26.9819 | 0 | 26.9819 | 28.1788 | 28.1788 |
| 26 | 0.563852 | 17.1623 | 11.7801 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.44119 | 9.17728 | 29.1507 | 0 | 29.1507 | 30.494 | 30.494 |
| 27 | 0.563852 | 18.1547 | 12.3627 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.71954 | 9.57387 | 30.6763 | 0 | 30.6763 | 32.1491 | 32.1491 |
| 28 | 0.563852 | 18.3665 | 12.9466 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.75565 | 9.62532 | 30.8743 | 0 | 30.8743 | 32.4273 | 32.4273 |
| 29 | 0.563852 | 18.4875 | 13.5318 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.76397 | 9.63717 | 30.9198 | 0 | 30.9198 | 32.5477 | 32.5477 |
| 30 | 0.563852 | 18.5465 | 14.1185 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.75395 | 9.62289 | 30.8649 | 0 | 30.8649 | 32.5637 | 32.5637 |
| 31 | 0.563852 | 18.5431 | 14.7067 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.72592 | 9.58296 | 30.7113 | 0 | 30.7113 | 32.4767 | 32.4767 |
| 32 | 0.563852 | 18.4769 | 15.2965 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.68016 | 9.51776 | 30.4605 | 0 | 30.4605 | 32.2875 | 32.2875 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|---------|------------------------------|-----|---------|---------|---------|-----------|---|-----------|----------|----------|
| 33 | 0.563852 | 18.3472 | 15.888 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.61691 | 9.42764 | 30.1137 | 0 | 30.1137 | 31.9971 | 31.9971 |
| 34 | 0.563852 | 18.1536 | 16.4812 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.53636 | 9.31287 | 29.6722 | 0 | 29.6722 | 31.606 | 31.606 |
| 35 | 0.563852 | 17.8955 | 17.0762 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.43862 | 9.17362 | 29.1364 | 0 | 29.1364 | 31.1143 | 31.1143 |
| 36 | 0.563852 | 17.5722 | 17.6731 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.32378 | 9.01 | 28.507 | 0 | 28.507 | 30.5219 | 30.5219 |
| 37 | 0.563852 | 17.1831 | 18.272 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.19183 | 8.822 | 27.7838 | 0 | 27.7838 | 29.8282 | 29.8282 |
| 38 | 0.563852 | 16.7275 | 18.873 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.0427 | 8.60952 | 26.9663 | 0 | 26.9663 | 29.032 | 29.032 |
| 39 | 0.563852 | 16.2048 | 19.4762 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 5.87625 | 8.37236 | 26.054 | 0 | 26.054 | 28.1321 | 28.1321 |
| 40 | 0.563852 | 15.6142 | 20.0816 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 5.69224 | 8.11019 | 25.0454 | 0 | 25.0454 | 27.1264 | 27.1264 |
| 41 | 0.563852 | 14.5556 | 20.6894 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 5.37183 | 7.65368 | 23.2892 | 0 | 23.2892 | 25.3179 | 25.3179 |
| 42 | 0.563852 | 12.9066 | 21.2996 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 4.8788 | 6.95121 | 20.5868 | 0 | 20.5868 | 22.4889 | 22.4889 |
| 43 | 0.563852 | 11.1851 | 21.9123 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 4.36625 | 6.22094 | 17.7773 | 0 | 17.7773 | 19.5336 | 19.5336 |
| 44 | 0.563852 | 9.39233 | 22.5277 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 3.83394 | 5.46252 | 14.8595 | 0 | 14.8595 | 16.4498 | 16.4498 |
| 45 | 0.563852 | 7.52733 | 23.1459 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 3.28089 | 4.67454 | 11.8281 | 0 | 11.8281 | 13.2306 | 13.2306 |
| 46 | 0.563852 | 5.58914 | 23.7669 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 2.70602 | 3.85548 | 8.67707 | 0 | 8.67707 | 9.8687 | 9.8687 |
| 47 | 0.563852 | 3.5767 | 24.3909 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 2.10821 | 3.00373 | 5.4003 | 0 | 5.4003 | 6.35622 | 6.35622 |
| 48 | 0.563852 | 1.67865 | 25.018 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.54245 | 2.19766 | 2.29925 | 0 | 2.29925 | 3.0191 | 3.0191 |
| 49 | 0.563852 | 0.929872 | 25.6483 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.315 | 1.87359 | 1.05251 | 0 | 1.05251 | 1.68392 | 1.68392 |
| 50 | 0.563852 | 0.323008 | 26.2819 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.12848 | 1.60783 | 0.0301263 | 0 | 0.0301263 | 0.587411 | 0.587411 |

Interslice Data

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.42478

| Slice Number | X coordinate [m] | Y coordinate - Bottom [m] | Interslice Normal Force [kN] | Interslice Shear Force [kN] | Interslice Force Angle [deg] |
|--------------|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 | 26.9067 | 20.5 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 27.4706 | 20.4749 | 0.670679 | 0.00842245 | 0.719488 |
| 3 | 28.0344 | 20.4555 | 1.39153 | 0.0348809 | 1.43591 |
| 4 | 28.5983 | 20.4416 | 2.14598 | 0.0804231 | 2.14622 |
| 5 | 29.1621 | 20.4334 | 2.91906 | 0.145188 | 2.84743 |
| 6 | 29.726 | 20.4308 | 3.69744 | 0.228514 | 3.53657 |
| 7 | 30.2898 | 20.4338 | 4.46946 | 0.329064 | 4.2108 |
| 8 | 30.8537 | 20.4424 | 5.22516 | 0.444953 | 4.86733 |
| 9 | 31.4175 | 20.4566 | 6.02725 | 0.58073 | 5.5035 |
| 10 | 31.9814 | 20.4764 | 6.9509 | 0.744896 | 6.11678 |
| 11 | 32.5452 | 20.5018 | 7.97042 | 0.936979 | 6.70475 |
| 12 | 33.1091 | 20.5329 | 9.06118 | 1.15516 | 7.26513 |
| 13 | 33.6729 | 20.5696 | 10.2002 | 1.39651 | 7.7959 |
| 14 | 34.2368 | 20.612 | 11.3664 | 1.65714 | 8.29487 |
| 15 | 34.8007 | 20.66 | 12.5402 | 1.93248 | 8.76053 |
| 16 | 35.3645 | 20.7137 | 13.7041 | 2.21737 | 9.191 |
| 17 | 35.9284 | 20.773 | 14.8424 | 2.50637 | 9.58486 |
| 18 | 36.4922 | 20.8381 | 15.9426 | 2.79412 | 9.94077 |
| 19 | 37.0561 | 20.9089 | 17.0074 | 3.07774 | 10.2575 |
| 20 | 37.6199 | 20.9855 | 18.0244 | 3.35174 | 10.5342 |
| 21 | 38.1838 | 21.0678 | 18.978 | 3.60984 | 10.7697 |
| 22 | 38.7476 | 21.156 | 19.8632 | 3.84783 | 10.9633 |
| 23 | 39.3115 | 21.2499 | 20.6721 | 4.06118 | 11.1146 |
| 24 | 39.8753 | 21.3498 | 21.3732 | 4.24093 | 11.223 |
| 25 | 40.4392 | 21.4555 | 21.9362 | 4.37859 | 11.2882 |
| 26 | 41.003 | 21.5671 | 22.333 | 4.46661 | 11.31 |
| 27 | 41.5669 | 21.6847 | 22.5372 | 4.49854 | 11.2882 |
| 28 | 42.1307 | 21.8083 | 22.5349 | 4.47144 | 11.223 |
| 29 | 42.6946 | 21.9379 | 22.3422 | 4.38929 | 11.1146 |
| 30 | 43.2584 | 22.0736 | 21.9604 | 4.25409 | 10.9633 |
| 31 | 43.8223 | 22.2154 | 21.3913 | 4.06887 | 10.7697 |
| 32 | 44.3861 | 22.3634 | 20.6387 | 3.83788 | 10.5341 |
| 33 | 44.95 | 22.5176 | 19.7079 | 3.56646 | 10.2576 |
| 34 | 45.5138 | 22.6781 | 18.6061 | 3.26092 | 9.94074 |
| 35 | 46.0777 | 22.845 | 17.3418 | 2.92843 | 9.58485 |
| 36 | 46.6415 | 23.0182 | 15.9256 | 2.57682 | 9.19101 |
| 37 | 47.2054 | 23.1978 | 14.3699 | 2.21444 | 8.76052 |
| 38 | 47.7692 | 23.384 | 12.6887 | 1.84994 | 8.29495 |
| 39 | 48.3331 | 23.5767 | 10.8982 | 1.49206 | 7.79583 |
| 40 | 48.897 | 23.7762 | 9.01623 | 1.14943 | 7.26514 |
| 41 | 49.4608 | 23.9823 | 7.06314 | 0.830322 | 6.70475 |
| 42 | 50.0247 | 24.1952 | 5.13289 | 0.550068 | 6.11678 |
| 43 | 50.5885 | 24.4151 | 3.35827 | 0.323571 | 5.50349 |
| 44 | 51.1524 | 24.6419 | 1.78822 | 0.152278 | 4.86735 |
| 45 | 51.7162 | 24.8757 | 0.474779 | 0.0349556 | 4.2108 |
| 46 | 52.2801 | 25.1168 | -0.526247 | -0.0325239 | 3.53658 |
| 47 | 52.8439 | 25.3651 | -1.15493 | -0.0574437 | 2.84742 |
| 48 | 53.4078 | 25.6207 | -1.34686 | -0.0504752 | 2.14622 |
| 49 | 53.9716 | 25.8839 | -1.08216 | -0.027126 | 1.43591 |
| 50 | 54.5355 | 26.1546 | -0.625627 | -0.00785669 | 0.719489 |
| 51 | 55.0993 | 26.4331 | 0 | 0 | 0 |

Discharge Sections


Entity Information

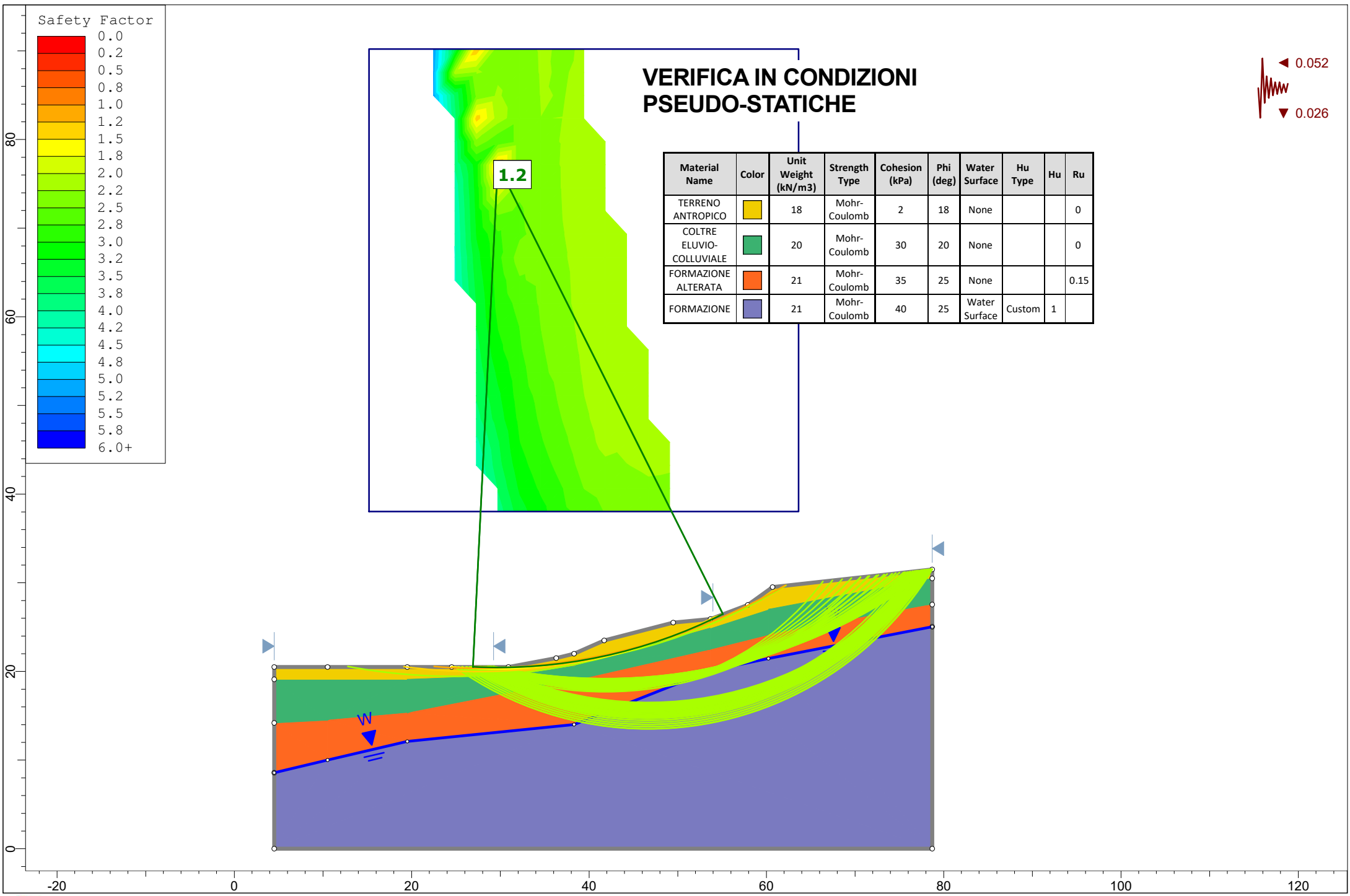
◆ Group 1

Shared Entities

| Type | Coordinates (x,y) |
|-------------------|--|
| External Boundary | 78.7, 25.0335 78.7, 27.5404 78.7, 30.5018 78.7, 31.5 60.7, 29.5 57.9, 27.5 53.7, 25.9 49.5, 25.5 41.7, 23.5 38.3, 22 36.3, 21.5 30.9, 20.5 24.5, 20.5 19.5, 20.5 10.5, 20.5 4.5, 20.5 4.5, 19.1 4.5, 14.1785 4.5, 8.57618 4.5, -0.00431497 78.7, -0.00431497 |
| Material Boundary | 4.5, 14.1785 10.5, 14.5 19.5, 15.3 38.3, 19 53.7, 22.5 60.2315, 24.1336 78.7, 27.5404 |
| Material Boundary | 4.5, 8.57618 10.5, 10.0078 19.5, 12.1 38.3, 14 53.7, 20.1 60.2315, 21.455 78.7, 25.0335 |
| Material Boundary | 4.5, 19.1 19.5, 19.1 31.6066, 19.5508 38.3, 20.6 53.7, 24.9 60.2315, 26.9935 78.7, 30.5018 |

Scenario-based Entities

| Type | Coordinates (x,y) | Master Scenario |
|-------------|---|--|
| Water Table | 4.5, 8.57618 10.5, 10.0078 19.5, 12.1 38.3, 14 53.7, 20.1 60.2315, 21.455 78.7, 25.0335 | Assigned to:  FORMAZIONE |

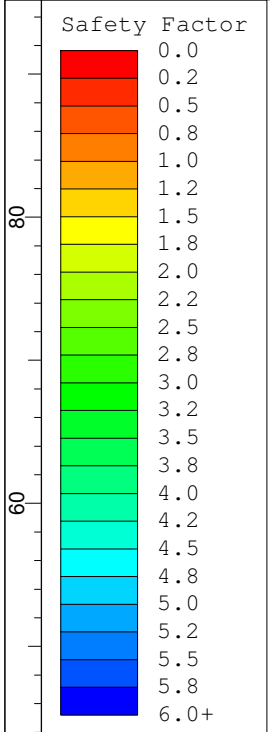


VERIFICA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE

| Material Name | Color | Unit Weight (kN/m3) | Strength Type | Cohesion (kPa) | Phi (deg) | Water Surface | Hu Type | Hu | Ru |
|--------------------------|--------|---------------------|---------------|----------------|-----------|---------------|---------|----|------|
| TERRENO ANTROPICO | Yellow | 18 | Mohr-Coulomb | 2 | 18 | None | | | 0 |
| COLTRE ELUVIO-COLLUVIALE | Green | 20 | Mohr-Coulomb | 30 | 20 | None | | | 0 |
| FORMAZIONE ALTERATA | Orange | 21 | Mohr-Coulomb | 35 | 25 | None | | | 0.15 |
| FORMAZIONE | Purple | 21 | Mohr-Coulomb | 40 | 25 | Water Surface | Custom | 1 | |

▲ 0.052
▼ 0.026

1.2



-20 0 20 40 60 80 100 120

Slide Analysis Information

CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE

Project Summary

| | |
|------------------------|--|
| File Name: | CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE.slm |
| Slide Modeler Version: | 9.018 |
| Compute Time: | 00h:00m:00.259s |
| Project Title: | SLIDE - An Interactive Slope Stability Program |
| Date Created: | 10/08/2021, 10:26:41 |

General Settings

Units of Measurement:

Time Units:

Permeability Units:

Data Output:

Failure Direction:

Metric Units

days

meters/second

Standard

Right to Left

Design Standard

| | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| Selected Type: | Eurocode 7 (User Defined) |
| Name: | DM2018 - Combinazione 2 A2+M2+R2 |
| Type | Partial Factor |
| Permanent Actions: Unfavourable | 1 |
| Permanent Actions: Favourable | 1 |
| Variable Actions: Unfavourable | 1.3 |
| Variable Actions: Favourable | 0 |
| Effective cohesion | 1.25 |
| Coefficient of shearing resistance | 1.25 |
| Undrained strength | 1.4 |
| Weight density | 1 |
| Shear strength (other models) | 1.25 |
| Earth resistance | 1 |
| Tensile and plate strength | 1.1 |
| Shear strength | 1.1 |
| Compressive strength | 1.1 |
| Bond strength | 1.1 |
| Seismic Coefficient | 1 |

Analysis Options

| | |
|--|---|
| Slices Type: | Vertical |
| | Analysis Methods Used |
| | GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine) |
| Number of slices: | 50 |
| Tolerance: | 0.005 |
| Maximum number of iterations: | 75 |
| Check malpha < 0.2: | Yes |
| Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos: | Yes |
| Initial trial value of FS: | 1 |
| Steffensen Iteration: | Yes |

Groundwater Analysis

| | |
|--|----------------|
| Groundwater Method: | Water Surfaces |
| Pore Fluid Unit Weight [kN/m ³]: | 9.81 |
| Use negative pore pressure cutoff: | Yes |
| Maximum negative pore pressure [kPa]: | 0 |
| Advanced Groundwater Method: | None |

Random Numbers

Pseudo-random Seed:

10116

Random Number Generation Method:

Park and Miller v.3

Surface Options

| | |
|---------------------|------------------|
| Surface Type: | Circular |
| Search Method: | Grid Search |
| Radius Increment: | 10 |
| Composite Surfaces: | Disabled |
| Reverse Curvature: | Invalid Surfaces |
| Minimum Elevation: | Not Defined |
| Minimum Depth: | Not Defined |
| Minimum Area: | Not Defined |
| Minimum Weight: | Not Defined |

Seismic Loading

| | |
|--|-------|
| Advanced seismic analysis: | No |
| Staged pseudostatic analysis: | No |
| Seismic Load Coefficient (Horizontal): | 0.052 |
| Seismic Load Coefficient (Vertical): | 0.026 |

Materials

TERRENO ANTROPICO

| | |
|----------------------|---|
| Color |  |
| Strength Type | Mohr-Coulomb |
| Unit Weight [kN/m3] | 18 |
| Cohesion [kPa] | 2 |
| Friction Angle [deg] | 18 |
| Water Surface | None |
| Ru Value | 0 |

COLTRE ELUVIO-COLLUVIALE

| | |
|----------------------|---|
| Color |  |
| Strength Type | Mohr-Coulomb |
| Unit Weight [kN/m3] | 20 |
| Cohesion [kPa] | 30 |
| Friction Angle [deg] | 20 |
| Water Surface | None |
| Ru Value | 0 |

FORMAZIONE ALTERATA

| | |
|----------------------|---|
| Color |  |
| Strength Type | Mohr-Coulomb |
| Unit Weight [kN/m3] | 21 |
| Cohesion [kPa] | 35 |
| Friction Angle [deg] | 25 |
| Water Surface | None |
| Ru Value | 0.15 |

FORMAZIONE

| | |
|----------------------|---|
| Color |  |
| Strength Type | Mohr-Coulomb |
| Unit Weight [kN/m3] | 21 |
| Cohesion [kPa] | 40 |
| Friction Angle [deg] | 25 |
| Water Surface | Water Table |
| Hu Value | 1 |

Global Minimums

Method: gle/morgenstern-price

| | FS | 1.171540 |
|------------------------------|-----------|------------------------|
| Center: | | 29.707, 77.140 |
| Radius: | | 56.709 |
| Left Slip Surface Endpoint: | | 26.907, 20.500 |
| Right Slip Surface Endpoint: | | 55.099, 26.433 |
| Resisting Moment: | | 9445.49 kN-m |
| Driving Moment: | | 8062.45 kN-m |
| Resisting Horizontal Force: | | 161.346 kN |
| Driving Horizontal Force: | | 137.722 kN |
| Total Slice Area: | | 26.0149 m ² |
| Surface Horizontal Width: | | 28.1926 m |
| Surface Average Height: | | 0.922756 m |

Global Minimum Support Data

No Supports Present

Slice Data

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.17154

| Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Angle of Slice Base [deg] | Base Material | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [deg] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Pore Pressure [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] | Base Vertical Stress [kPa] | Effective Vertical Stress [kPa] |
|--------------|-----------|-------------|---------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1 | 0.563852 | 0.12722 | -2.54576 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.43525 | 1.68146 | 0.313367 | 0 | 0.313367 | 0.249554 | 0.249554 |
| 2 | 0.563852 | 0.353141 | -1.97563 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.5325 | 1.79539 | 0.751686 | 0 | 0.751686 | 0.698823 | 0.698823 |
| 3 | 0.563852 | 0.522058 | -1.40569 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.60658 | 1.88217 | 1.08555 | 0 | 1.08555 | 1.04613 | 1.04613 |
| 4 | 0.563852 | 0.63402 | -0.835887 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.65729 | 1.94158 | 1.31409 | 0 | 1.31409 | 1.28991 | 1.28991 |
| 5 | 0.563852 | 0.68906 | -0.26617 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.68447 | 1.97343 | 1.43661 | 0 | 1.43661 | 1.42878 | 1.42878 |
| 6 | 0.563852 | 0.687194 | 0.303521 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.68802 | 1.97759 | 1.45261 | 0 | 1.45261 | 1.46155 | 1.46155 |
| 7 | 0.563852 | 0.628423 | 0.873243 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.66788 | 1.95398 | 1.36181 | 0 | 1.36181 | 1.38723 | 1.38723 |
| 8 | 0.563852 | 0.959142 | 1.44305 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.8058 | 2.11557 | 1.98344 | 0 | 1.98344 | 2.02893 | 2.02893 |
| 9 | 0.563852 | 1.84268 | 2.013 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 2.16759 | 2.53942 | 3.61405 | 0 | 3.61405 | 3.69024 | 3.69024 |
| 10 | 0.563852 | 2.67278 | 2.58315 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 2.50607 | 2.93596 | 5.1396 | 0 | 5.1396 | 5.25266 | 5.25266 |
| 11 | 0.563852 | 3.44581 | 3.15356 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 2.81941 | 3.30305 | 6.5518 | 0 | 6.5518 | 6.70714 | 6.70714 |
| 12 | 0.563852 | 4.16167 | 3.72428 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 3.10729 | 3.64031 | 7.8493 | 0 | 7.8493 | 8.05156 | 8.05156 |
| 13 | 0.563852 | 4.82026 | 4.29536 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 3.36949 | 3.94749 | 9.03102 | 0 | 9.03102 | 9.2841 | 9.2841 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|---------|---------|------------------------------|-----|---------|---------|---------|---------|---|---------|---------|---------|
| 14 | 0.563852 | 5.42147 | 4.86688 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 3.60584 | 4.22438 | 10.0963 | 0 | 10.0963 | 10.4033 | 10.4033 |
| 15 | 0.563852 | 5.96516 | 5.43888 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 3.81625 | 4.47089 | 11.0446 | 0 | 11.0446 | 11.408 | 11.408 |
| 16 | 0.563852 | 6.45117 | 6.01143 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 4.00073 | 4.68702 | 11.8761 | 0 | 11.8761 | 12.2974 | 12.2974 |
| 17 | 0.563852 | 6.90087 | 6.58458 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 4.16789 | 4.88285 | 12.6295 | 0 | 12.6295 | 13.1106 | 13.1106 |
| 18 | 0.563852 | 7.56133 | 7.1584 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 4.41564 | 5.1731 | 13.7461 | 0 | 13.7461 | 14.3006 | 14.3006 |
| 19 | 0.563852 | 8.2441 | 7.73293 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 4.66872 | 5.46959 | 14.8867 | 0 | 14.8867 | 15.5207 | 15.5207 |
| 20 | 0.563852 | 8.86839 | 8.30825 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 4.89527 | 5.73501 | 15.9078 | 0 | 15.9078 | 16.6227 | 16.6227 |
| 21 | 0.563852 | 9.77868 | 8.88442 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 5.2304 | 6.12762 | 17.4182 | 0 | 17.4182 | 18.2358 | 18.2358 |
| 22 | 0.563852 | 11.356 | 9.46149 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 5.8212 | 6.81977 | 20.0811 | 0 | 20.0811 | 21.0512 | 21.0512 |
| 23 | 0.563852 | 12.8973 | 10.0395 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.39181 | 7.48826 | 22.6527 | 0 | 22.6527 | 23.7843 | 23.7843 |
| 24 | 0.563852 | 14.3791 | 10.6186 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.93346 | 8.12282 | 25.094 | 0 | 25.094 | 26.3939 | 26.3939 |
| 25 | 0.563852 | 15.8008 | 11.1988 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 7.44657 | 8.72396 | 27.4066 | 0 | 27.4066 | 28.8809 | 28.8809 |
| 26 | 0.563852 | 17.1623 | 11.7801 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 7.93169 | 9.29229 | 29.593 | 0 | 29.593 | 31.2472 | 31.2472 |
| 27 | 0.563852 | 18.1547 | 12.3627 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 8.27173 | 9.69066 | 31.1257 | 0 | 31.1257 | 32.9387 | 32.9387 |
| 28 | 0.563852 | 18.3665 | 12.9466 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 8.31275 | 9.73872 | 31.3105 | 0 | 31.3105 | 33.2215 | 33.2215 |
| 29 | 0.563852 | 18.4875 | 13.5318 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 8.3196 | 9.74675 | 31.3414 | 0 | 31.3414 | 33.3437 | 33.3437 |
| 30 | 0.563852 | 18.5465 | 14.1185 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 8.30398 | 9.72844 | 31.271 | 0 | 31.271 | 33.3596 | 33.3596 |
| 31 | 0.563852 | 18.5431 | 14.7067 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 8.26629 | 9.68429 | 31.1011 | 0 | 31.1011 | 33.2707 | 33.2707 |
| 32 | 0.563852 | 18.4769 | 15.2965 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 8.20692 | 9.61474 | 30.8336 | 0 | 30.8336 | 33.0782 | 33.0782 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|---------|------------------------------|-----|---------|---------|---------|------------|---|------------|----------|----------|
| 33 | 0.563852 | 18.3472 | 15.888 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 8.12618 | 9.52014 | 30.4696 | 0 | 30.4696 | 32.7825 | 32.7825 |
| 34 | 0.563852 | 18.1536 | 16.4812 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 8.02428 | 9.40077 | 30.0105 | 0 | 30.0105 | 32.3845 | 32.3845 |
| 35 | 0.563852 | 17.8955 | 17.0762 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 7.90142 | 9.25683 | 29.4567 | 0 | 29.4567 | 31.8839 | 31.8839 |
| 36 | 0.563852 | 17.5722 | 17.6731 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 7.75767 | 9.08842 | 28.8088 | 0 | 28.8088 | 31.2805 | 31.2805 |
| 37 | 0.563852 | 17.1831 | 18.272 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 7.59302 | 8.89553 | 28.0667 | 0 | 28.0667 | 30.5738 | 30.5738 |
| 38 | 0.563852 | 16.7275 | 18.873 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 7.40739 | 8.67805 | 27.2299 | 0 | 27.2299 | 29.7622 | 29.7622 |
| 39 | 0.563852 | 16.2048 | 19.4762 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 7.20059 | 8.43578 | 26.2979 | 0 | 26.2979 | 28.8444 | 28.8444 |
| 40 | 0.563852 | 15.6142 | 20.0816 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.97233 | 8.16836 | 25.2692 | 0 | 25.2692 | 27.8182 | 27.8182 |
| 41 | 0.563852 | 14.5556 | 20.6894 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 6.57655 | 7.70469 | 23.4855 | 0 | 23.4855 | 25.9691 | 25.9691 |
| 42 | 0.563852 | 12.9066 | 21.2996 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 5.96882 | 6.99271 | 20.7464 | 0 | 20.7464 | 23.0735 | 23.0735 |
| 43 | 0.563852 | 11.1851 | 21.9123 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 5.33733 | 6.2529 | 17.9002 | 0 | 17.9002 | 20.0471 | 20.0471 |
| 44 | 0.563852 | 9.39233 | 22.5277 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 4.68179 | 5.48491 | 14.9456 | 0 | 14.9456 | 16.8876 | 16.8876 |
| 45 | 0.563852 | 7.52733 | 23.1459 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 4.00098 | 4.68731 | 11.8772 | 0 | 11.8772 | 13.5876 | 13.5876 |
| 46 | 0.563852 | 5.58914 | 23.7669 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 3.29362 | 3.85861 | 8.68911 | 0 | 8.68911 | 10.1395 | 10.1395 |
| 47 | 0.563852 | 3.5767 | 24.3909 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 2.55835 | 2.99721 | 5.3752 | 0 | 5.3752 | 6.53523 | 6.53523 |
| 48 | 0.563852 | 1.67865 | 25.018 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.86267 | 2.18219 | 2.23974 | 0 | 2.23974 | 3.10903 | 3.10903 |
| 49 | 0.563852 | 0.929872 | 25.6483 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.58211 | 1.85351 | 0.975264 | 0 | 0.975264 | 1.73492 | 1.73492 |
| 50 | 0.563852 | 0.323008 | 26.2819 | TERREN O ANTROPI CO | 1.6 | 14.5708 | 1.35184 | 1.58374 | -0.0625679 | 0 | -0.0625679 | 0.605023 | 0.605023 |

Interslice Data

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.17154

| Slice Number | X coordinate [m] | Y coordinate - Bottom [m] | Interslice Normal Force [kN] | Interslice Shear Force [kN] | Interslice Force Angle [deg] |
|--------------|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 | 26.9067 | 20.5 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 27.4706 | 20.4749 | 0.810634 | 0.01018 | 0.719487 |
| 3 | 28.0344 | 20.4555 | 1.67113 | 0.0418896 | 1.43591 |
| 4 | 28.5983 | 20.4416 | 2.56501 | 0.0961271 | 2.14623 |
| 5 | 29.1621 | 20.4334 | 3.47746 | 0.172962 | 2.84743 |
| 6 | 29.726 | 20.4308 | 4.39533 | 0.271646 | 3.53657 |
| 7 | 30.2898 | 20.4338 | 5.3072 | 0.390742 | 4.2108 |
| 8 | 30.8537 | 20.4424 | 6.20339 | 0.528255 | 4.86733 |
| 9 | 31.4175 | 20.4566 | 7.1437 | 0.688301 | 5.5035 |
| 10 | 31.9814 | 20.4764 | 8.19865 | 0.878611 | 6.11678 |
| 11 | 32.5452 | 20.5018 | 9.34219 | 1.09824 | 6.70475 |
| 12 | 33.1091 | 20.5329 | 10.5494 | 1.34489 | 7.26516 |
| 13 | 33.6729 | 20.5696 | 11.7973 | 1.61516 | 7.79586 |
| 14 | 34.2368 | 20.612 | 13.0643 | 1.9047 | 8.29495 |
| 15 | 34.8007 | 20.66 | 14.3311 | 2.20847 | 8.76056 |
| 16 | 35.3645 | 20.7137 | 15.5801 | 2.52092 | 9.19102 |
| 17 | 35.9284 | 20.773 | 16.7957 | 2.83621 | 9.58484 |
| 18 | 36.4922 | 20.8381 | 17.9653 | 3.14862 | 9.94077 |
| 19 | 37.0561 | 20.9089 | 19.0888 | 3.45441 | 10.2575 |
| 20 | 37.6199 | 20.9855 | 20.1531 | 3.74758 | 10.5341 |
| 21 | 38.1838 | 21.0678 | 21.1428 | 4.02159 | 10.7696 |
| 22 | 38.7476 | 21.156 | 22.0487 | 4.27119 | 10.9633 |
| 23 | 39.3115 | 21.2499 | 22.854 | 4.48984 | 11.1146 |
| 24 | 39.8753 | 21.3498 | 23.5266 | 4.66822 | 11.223 |
| 25 | 40.4392 | 21.4555 | 24.0362 | 4.79776 | 11.2882 |
| 26 | 41.003 | 21.5671 | 24.3545 | 4.8709 | 11.3099 |
| 27 | 41.5669 | 21.6847 | 24.4552 | 4.88139 | 11.2882 |
| 28 | 42.1307 | 21.8083 | 24.3292 | 4.82747 | 11.223 |
| 29 | 42.6946 | 21.9379 | 24.0035 | 4.71566 | 11.1146 |
| 30 | 43.2584 | 22.0736 | 23.4808 | 4.54863 | 10.9634 |
| 31 | 43.8223 | 22.2154 | 22.7644 | 4.33004 | 10.7696 |
| 32 | 44.3861 | 22.3634 | 21.859 | 4.0648 | 10.5341 |
| 33 | 44.95 | 22.5176 | 20.7714 | 3.75891 | 10.2576 |
| 34 | 45.5138 | 22.6781 | 19.51 | 3.41934 | 9.94075 |
| 35 | 46.0777 | 22.845 | 18.0849 | 3.05391 | 9.58484 |
| 36 | 46.6415 | 23.0182 | 16.5081 | 2.67107 | 9.19101 |
| 37 | 47.2054 | 23.1978 | 14.7935 | 2.27972 | 8.76053 |
| 38 | 47.7692 | 23.384 | 12.9568 | 1.88902 | 8.29492 |
| 39 | 48.3331 | 23.5767 | 11.0156 | 1.50814 | 7.79587 |
| 40 | 48.897 | 23.7762 | 8.98965 | 1.14604 | 7.26513 |
| 41 | 49.4608 | 23.9823 | 6.9008 | 0.811238 | 6.70475 |
| 42 | 50.0247 | 24.1952 | 4.85165 | 0.519928 | 6.11677 |
| 43 | 50.5885 | 24.4151 | 2.98584 | 0.287688 | 5.5035 |
| 44 | 51.1524 | 24.6419 | 1.35424 | 0.115321 | 4.86731 |
| 45 | 51.7162 | 24.8757 | 0.0106661 | 0.000785289 | 4.21079 |
| 46 | 52.2801 | 25.1168 | -0.987296 | -0.0610183 | 3.53658 |
| 47 | 52.8439 | 25.3651 | -1.57803 | -0.0784881 | 2.84743 |
| 48 | 53.4078 | 25.6207 | -1.69553 | -0.0635421 | 2.14623 |
| 49 | 53.9716 | 25.8839 | -1.32177 | -0.0331322 | 1.43591 |
| 50 | 54.5355 | 26.1546 | -0.741946 | -0.00931744 | 0.719489 |
| 51 | 55.0993 | 26.4331 | 0 | 0 | 0 |

Discharge Sections


Entity Information

◆ Group 1

Shared Entities

| Type | Coordinates (x,y) |
|-------------------|--|
| External Boundary | 78.7, 25.0335 78.7, 27.5404 78.7, 30.5018 78.7, 31.5 60.7, 29.5 57.9, 27.5 53.7, 25.9 49.5, 25.5 41.7, 23.5 38.3, 22 36.3, 21.5 30.9, 20.5 24.5, 20.5 19.5, 20.5 10.5, 20.5 4.5, 20.5 4.5, 19.1 4.5, 14.1785 4.5, 8.57618 4.5, -0.00431497 78.7, -0.00431497 |
| Material Boundary | 4.5, 14.1785 10.5, 14.5 19.5, 15.3 38.3, 19 53.7, 22.5 60.2315, 24.1336 78.7, 27.5404 |
| Material Boundary | 4.5, 8.57618 10.5, 10.0078 19.5, 12.1 38.3, 14 53.7, 20.1 60.2315, 21.455 78.7, 25.0335 |
| Material Boundary | 4.5, 19.1 19.5, 19.1 31.6066, 19.5508 38.3, 20.6 53.7, 24.9 60.2315, 26.9935 78.7, 30.5018 |

Scenario-based Entities

| Type | Coordinates (x,y) | Master Scenario |
|-------------|---|--|
| Water Table | 4.5, 8.57618 10.5, 10.0078 19.5, 12.1 38.3, 14 53.7, 20.1 60.2315, 21.455 78.7, 25.0335 | Assigned to:  FORMAZIONE |